

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Univerzitní studijní programy

Elektronický klimatizační systém
motorového vozidla

Electronic Airconditioning System of Motor Vehicle

2012

Bc. Mrověk Tomáš

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Mrověc**
Studijní program: N3943 Mechatronika
Studijní obor: 3906T007 Automobilová elektronika
Téma: **Elektronický klimatizační systém motorového vozidla**
Electronic Airconditioning System of Motor Vehicle

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte rešerši koncepčních řešení a funkčních vlastností klimatizačních systémů pro motorového vozidla
2. Dle instrukcí vedoucího diplomové práce se zaměřte na některý z moderních klimatizačních systémů. Proveďte detailní rozbor funkčních vlastností a principů
3. Proveďte realizaci laboratorního modelu elektronického klimatizačního systému
4. Dle pokynů vedoucího diplomové práce vypracujte typizovanou laboratorní úlohu

Seznam doporučené odborné literatury:

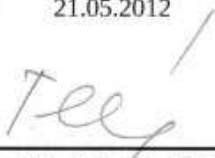
VLK, F.: Elektronické systémy motorových vozidel 1, 2. Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, Brno 2002, ISBN 80-238-7282-6
VLK, F.: Elektrická zařízení motorových vozidel. Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, Brno 2005, ISBN 80-239-3718-9
ŠTĚRBA, P.: Elektrotechnika a elektronika automobilů. Computer press, Praha, 2004
ERJAVEC, J.: Automotive Technology: A Systems Approach, 4th Edition, USA 2004, Thomson Learning, 1401 str., ISBN 1-4018-4831-1
RIBBENS, B., W.: Understanding Automotive Electronics, Sixth Edition, USA 2003, Elsevier Science, 480 str., ISBN 0-7506-7599-3
BOSCH technické brožury, žluté sešity 1996-2009

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Šimoník, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012


doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Petr Noskovič, CSc.
prorektor pro studium

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 ods. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18. 5. 2012

.....

Bc. Tomáš Mrověc

Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Šimoníkovi, Ph.D. za podnětné připomínky při realizaci této práce a jeho cenné rady. V neposlední řadě také rodinným příslušníkům za trpělivost a toleranci při časové náročnosti diplomové práce.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá teoretickým rozбором HVAC systémů moderních osobních automobilů a praktickou realizací laboratorního modelu s využitím komponentů na vozidle Hyundai i30. Úvodní kapitoly jsou věnovány teoretické rešerši poskytující čtenáři základní přehled historického vývoje těchto systémů a jejich teoretický popis. Dále je v práci popsána běžná konstrukce klimatizačního systému včetně podrobnějšího popisu jednotlivých konstrukčních celků. V další kapitole jsou shrnuty podrobnější informace o HVAC systému vybraného vozidla, na kterém je posléze vytvořen laboratorní model. V této kapitole jsou shrnuty i výsledky jednotlivých měření, které ověřují teoretický popis v předešlých kapitolách. Na základě těchto měření byla sestavena vzorová laboratorní úloha, jenž je přiložena v příloze. Laboratorní model bude dále využíván ve výuce, především v předmětu Automobilová elektronika.

Klíčová slova

Ventilace, chlazení, topení, klimatizační systém, snímač teploty výparníku, klimakompresor, tlak chladiva.

Abstract

The diploma thesis deals with the theoretical analysis of HVAC systems of modern passenger vehicles and practical realization of laboratory model using components of the vehicle Hyundai i30. Opening chapters are dedicated to theoretical search which shows to the reader the basic summary of historical development these systems and their theoretical description. There is also described standard design of air conditioning system including detailed description of individual construction units. The next chapter includes detailed information about HVAC system of selected vehicle for which laboratory model is then created. This chapter includes results of individual measurement which proved the theoretical description in the previous chapter. Sample laboratory task based on the measurement was composed and also included as attachment. The laboratory model will be used in education, especially in the subject called Automotive electronics.

Key words

Ventilation, cooling, heating, air conditioning system, evaporator temperature sensor, A/C kompresor, refrigerant pressure.

Seznam použitých zkratk a symbolů

| | |
|---------|---|
| CAN-Bus | Sériová sběrnice |
| ECM | Elektronický řídicí modul |
| HVAC | Topení, ventilace, klimatizace (chlazení) |
| A/C | Klimatizační systém vozidla |
| NTC | Negativní teplotní charakteristika termistoru |
| PAG | Vysoce hydrokopický syntetický olej |
| PTC | Pozitivní teplotní charakteristika termistoru |
| R12 | Chladivo CFC12 – <i>dichlorodifluoromethane</i> |
| R134a | Chladivo HFC134a – <i>tetrafluoroethane</i> |
| ŘJ | Řídicí jednotka |

Obsah

| | |
|---|-----------|
| 1 Úvod..... | 8 |
| 2 Úvod do teorie HVAC..... | 9 |
| 2.1 Historie HVAC..... | 9 |
| 2.2 Teoretický rozbor topení..... | 10 |
| 2.3 Teoretický rozbor klimatizace..... | 12 |
| 2.4 Způsoby ventilace..... | 14 |
| 3 Klimatizační systém vozidla..... | 18 |
| 3.1 Kompresor..... | 19 |
| 3.2 Elektromagnetická spojka..... | 23 |
| 3.3 Kondenzátor..... | 24 |
| 3.4 Zásobní nádobka s vysoušečem..... | 24 |
| 3.5 Expanzní ventil..... | 26 |
| 3.6 Výparník..... | 28 |
| 3.7 Chladicí média..... | 29 |
| 3.8 Akční členy a senzory..... | 31 |
| 3.9 Elektrické a elektronické vybavení..... | 34 |
| 4 HVAC systém vozidla Hyundai i30..... | 36 |
| 4.1 Popis použitého A/C systému..... | 36 |
| 4.2 Kompresor s elektromagnetickou spojkou..... | 37 |
| 4.3 Kondenzátor se zásobní nádobkou a vysoušečem..... | 37 |
| 4.4 Tlakový spínač a expanzní ventil..... | 38 |
| 4.5 Výparník a snímač teploty výparníku..... | 38 |
| 4.6 Ovládací panel..... | 39 |
| 4.7 Elektrické zapojení A/C systému..... | 40 |
| 5 Praktická realizace laboratorního modelu a měření..... | 42 |
| 5.1 Laboratorní model..... | 42 |
| 5.2 Snímání tlaku chladiva..... | 44 |
| 5.3 Rozsah teplot upraveného vzduchu..... | 48 |
| 5.4 Teplota výparníku..... | 50 |
| 5.5 Teplota v různých částech okruhu | 53 |
| 5.6 Vliv okolní teploty na práci systému..... | 56 |
| 6 Závěr..... | 58 |
| Seznam použité literatury..... | 59 |
| Seznam příloh..... | 60 |

1 Úvod

Cílem této diplomové práce je představit jeden z mnoha mechatronických systémů osobního automobilu, a to klimatizační systém. Čím dál častěji se můžeme setkávat s trendem dnešní doby – elektronického řízení jednotlivých systémů. Tento trend vyplývá z požadavku cestujících na pohodlí a bezpečnost při jízdě automobilem. Aby bylo možné tyto požadavky, co nejlépe splnit, přicházejí automobilky s implementací elektronického řízení jednotlivých systémů. Jedná se především o systémy z tzv. „oblasti komfortu“, do které spadají systémy elektrického stahování okýnek, elektrického nastavování zpětných zrcátek, audio a navigační systémy apod, ale především klimatizační systém. Jelikož se většinou jedná o mechanický systém, řízený přesnou elektronikou, můžeme jej nazvat mechatronickým systémem. Mechatronika jako taková, je multioborová vědní disciplína představující postupy a přístupy k vývoji a realizaci takovýchto systémů.

Základním prvkem této práce je klimatizační systém osobního automobilu Hyundai i30. Proto je součástí práce i laboratorní model, který bude sloužit primárně pro výuku předmětu Automobilová elektronika. Jeho multidisciplinární charakter jej však předurčuje i k využití v jiných předmětech technického zaměření. Struktura práce je volena tak, aby student získal všechny potřebné informace o klimatizačních systémech moderních automobilů a uměl je pak aplikovat při měření na vlastním laboratorním modelu.

V teoretické rešerši student získá teoretické znalosti fyzikálních a konstrukčních řešení jednoduchého HVAC systému. Další část pak popisuje jednotlivé konstrukční celky klimatizačního systému tak, jak se nejčastěji vyskytují v různých typech automobilů. Popis začíná mechanickými prvky a končí u elektrických komponentů. Ve čtvrté části je detailněji popsán vybraný typ klimatizačního systému, jenž byl vybrán pro tvorbu laboratorního modelu. Jsou zde popsány specifika tohoto systému a další důležité informace využitelné při laboratorním měření. Následuje praktická část, jež je v první části zaměřena na popis vytvořeného laboratorního modelu. V druhé části jsou uvedeny výsledky jednotlivých měření. Měření jsou volena tak, aby jejich výsledky, co nejlépe přiblížily funkce klimatizačního systému. Především umožní čtenáři nalézt důležité souvislosti, při snaze porozumět klimatizačním systémům. V příloze je uveden vzorový protokol z laboratorního měření.

2 Úvod do teorie HVAC

Pod zkratkou HVAC se ukrývá spojení tří anglických slov: „Heating, Ventilation, Air conditioning“, jenž v překladu znamenají topení, ventilace a klimatizace. Spojením těchto tří skupin vzniká komplexní systém označovaný jako klimatizační systém vozidla. Dle statistik společnosti Valeo (předního výrobce klimatizačních systémů pro motorová vozidla) vzrostl počet prodaných automobilů s klimatizací v Evropě mezi lety 2004 – 2010 o celých 10 % na hodnotu 82 %, kdežto v USA a Japonsku zůstal na stejné úrovni cca 90 %, což ukazuje na rozdílné požadavky na komfort v různých oblastech světa a zároveň na zvyšující se požadavky na komfort jízdy. Ventilační systém vozidla neplní jen funkci udržování příznivé teploty ve vozidle, ale zároveň jsou na něj kladeny požadavky na cirkulaci vzduchu. Tento úkol přispívá k bezpečnosti vozidel, neboť zabraňuje hromadění oxidu uhelnatého a nepříjemných pachů v kabině pro posádku a tím se snižují faktory ovlivňující řidičovu únavu a soustředění.

2.1 Historie HVAC

Před vynálezem automobilu se lidé přepravovali především kočáry taženými koňmi. První automobily byly otevřené karoserie, posádka se musela vybavit podle aktuálního počasí, protože nebyla nikterak chráněna před povětrnostními vlivy. Až s příchodem uzavřených karoserií, tak vznikl požadavek na vylepšení cestovního pohodlí posádky, aby v případě zimy nemuseli cestovat v teplých kabátech a naopak se v horkých dnech uvnitř nepřehřívali.

Předchůdci klimatizací jak je známe teď, připomínali spíše kamna, do kterých se vkládaly rozžhavené cihly jež pak ohřívaly vzduch proudící do prostoru pro posádku. V teplých dnech se místo cihel vkládala kostka ledu, která do doby než se roztopila, ochlazovala vzduch proudící do kabiny vozidla. Postupem času se konstruktérům podařilo navrhnout ventilační systém, kdy byl vzduch přiváděn průduchy do prostoru pro posádku a při nízkých rychlostech vozidla podporováno proudění elektromotory. Ohřívání vzduchu bylo zajištěno pomocí výfukových plynů nebo chladicí kapaliny motoru. Ochlazování vzduchu bylo konstrukčně složitější a pracovalo na principu odpařování vody při absorpci tepla. Tento systém ovšem pracoval správně pouze v případě, kdy relativní vlhkost okolního vzduchu byla nízká, aby mohlo docházet k odpařování.

První mechanická klimatizace přišla v roce 1939 a byla na trh uvedena firmou Packard. Hlavními součástmi byl kompresor, kondenzátor a výparník. Značnou nevýhodou tohoto systému bylo nepřetržité spojení spalovacího motoru s kompresorem, což zbytečně snižovalo jeho výkon i v době, kdy klimatizace nebyla upotřebená (např. v zimních měsících). Proto se musel po ukončení letní sezóny vytáhnout hnací řemen a na jaře vrátit zpět. Až v letech 1954 - 1955 byla na trh uvedena kompaktní klimatizace pro masovou výrobu, jež měla ovládací prvky na palubní desce a elektromagnetickou spojku kompresoru.

2.2 Teoretický rozbor topení

Spalovací motor pracuje s účinností okolo 35 %, většina energie ze spáleného paliva je přeměněna na teplo a odváděna chladicím systémem. Toto teplo tedy můžeme z části užitečně využít pro systém topení vozidla. Topení zajišťuje ohřev vzduchu vstupujícího do prostoru kabiny nebo vzduchu cirkulujícího uvnitř kabiny (recyklovaný vzduch). Ohřátý vzduch je pak přiváděn na různá místa v kabině pomocí rozváděcího potrubí, podle potřeb posádky. Existuje více způsobů, kterými je vzduch ohříván. Nejčastějším provedením u osobních vozidel je ohřívání pomocí chladicího systému spalovacího motoru vozidla. Méně často se pak objevuje řešení, kdy se k ohřevu využívají horké výfukové plyny. A v poslední době se čím dál častěji objevují elektrická topná tělesa, která doplňují některý ze standardních způsobů.

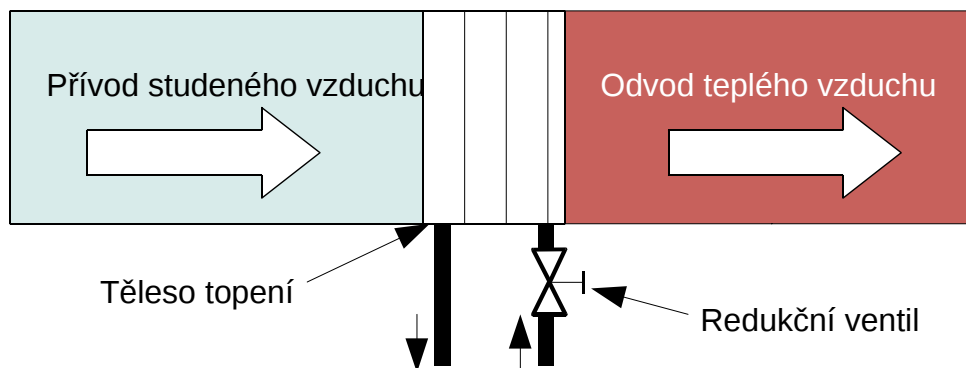
Řízení teploty provádí, u manuálního systému topení, řidič prostřednictvím řídicího prvku na ovládacím panelu. U automatických systémů řidič pouze navolí požadovanou teplotu na ovládacím panelu a systém řídí činnost topení automaticky. Řízení činnosti topení můžeme principiálně rozdělit do dvou druhů:

- Řízení průtoku ohřívacího média
- Řízení průtoku ohřívaného vzduchu

Řízení průtoku ohřívacího média

Řízení průtoku ohřívacího média (chladicí kapalina, vzduch) se provádí regulačním ventilem na vstupu do topného tělesa. Velkou nevýhodou tohoto způsobu řízení je pomalá reakce na změnu požadované teploty. Pro ochlazení se omezí nebo zcela uzavře průtok horkého média, ale médium v topném tělese musí předat svou tepelnou energii ohřívanému vzduchu. Taktéž je obtížné řízení průtoku, protože ten se mění v závislosti

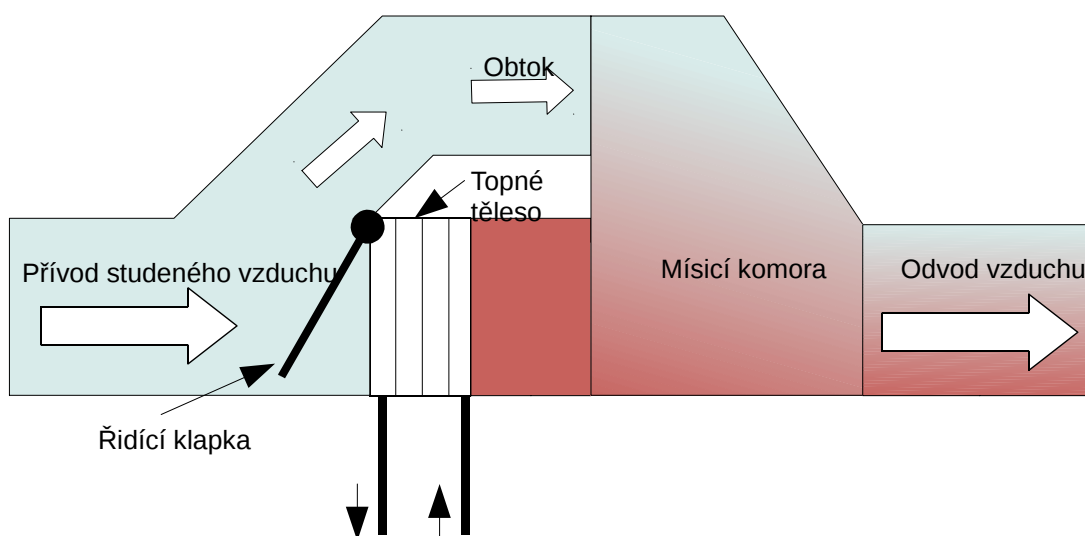
na otáčkách motoru. Naopak tím, že celý objem ohřívaného vzduchu proudí přes výměník tepla, zvyšuje se topný výkon této koncepce.



Obr. 1: Koncepce řízení topení - řízení průtoku ohřívacího média

Řízení průtoku ohřívaného vzduchu

Nejčastějším způsobem řízení topení je řízením průtoku ohřívaného vzduchu skrze topné těleso. Toto se provádí klapkou před topným tělesem. Podle nastavení polohy klapky je část vzduchu přiváděna k topnému tělesu a část vzduchu je obtokem vedena do směšovací komory, kde dochází ke smíšení studeného a teplého vzduchu. Tato vzniklá směs pak postupuje do prostoru pro posádku. Nastavování klapky se provádí mechanicky lankem v bowdenu nebo krokovým elektromotorkem. I když je všechen vzduch veden obtokem, topné těleso stále vyzařuje teplo a ohřívá okolí. Proto v případě potřeby úplného chlazení je nutno tento způsob kombinovat s předešlým a opatřit jej ventilem pro omezení průtoku do topného tělesa.



Obr. 2: Koncepce řízení topení – řízení průtoku ohřívaného média

Teplo a teplota

Teplo je základní formou kinetické energie. Z toho vyplývá, že nemůže dojít ke ztrátě tepla, ale může se přeměnit v jinou formu energie, nebo předmět s vyšší tepelnou energií ji může předat předmětu s nižší tepelnou energií. Intenzitu tepla se měří s využitím teploměru a nazývá se teplota. Základní SI jednotkou pro teplotu je Kelvin. Z důvodu větší přehlednosti budu nadále používat stupnici Celsiovu. Převod z Kelvinovy stupnice je prováděn podle vzorce (1). Jako optimální teplota uvnitř vozidla se uvádí hodnota od 21 °C do 27 °C.

$$T_{(C)} = T_{(K)} - 273,16 \quad [^{\circ}C] \quad (1)$$

S předáváním tepelné energie souvisí i schopnost materiálu absorbovat teplo, jenž je pro každý materiál různá. Tato schopnost je pro každý materiál definována prostřednictvím konstanty *měrná tepelná kapacita*. [6]

Teplo může být převedeno jedním, nebo kombinací následujících procesů – vedením, prouděním a zářením. Spalovací motor předá ztrátové teplo chladicí kapalině, ve které se šíří prouděním až do tělesa topení. Skrze tenké stěny tělesa topení, je pak dále vedením předáno proudícímu vzduchu.

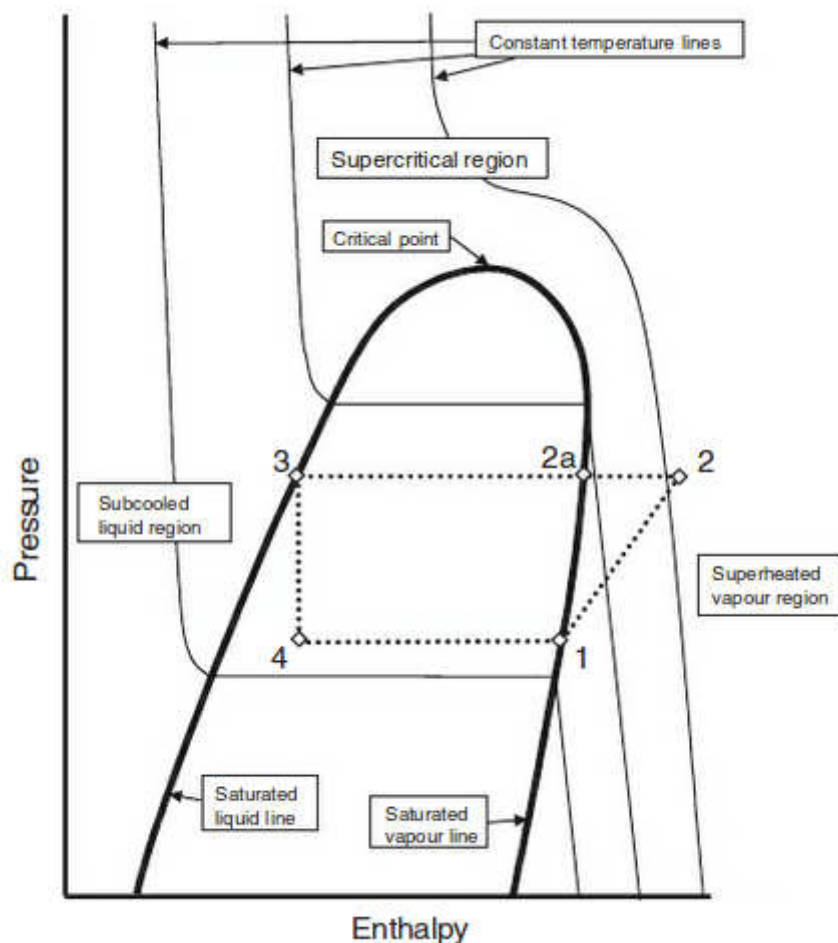
2.3 Teoretický rozbor klimatizace

Principiálně odpovídá chladicí okruh klimatizace automobilu například chladicímu okruhu domácí chladničky či mrazáku. Základním zjednodušeným principem, na kterém klimatizace pracuje je, že odebírá teplo z okolního prostředí na jedné straně a na straně druhé jej zase předává do jiného okolního prostředí.

Výměna tepla se v klimatizačním okruhu realizuje změnou tlaku chladiva a jeho entalpie. Entalpie vyjadřuje tepelnou energii uloženou v jednotkovém množství látky a označuje se *H*. Hodnota entalpie se nedá změřit a uvádí se pouze změna entalpie, která je odvozena z vnitřní energie látky.

Dále bude popsán pracovní cyklus ideálního A/C systému. Ideální cyklus je vyobrazen na obr. 3, který zobrazuje na jedné ose změnu entalpie a na druhé ose změnu tlaku. Tlustá křivka označuje oblast nasycené kapaliny, která skrze kritický bod přechází do nasycené páry. Hlavními oblastmi diagramu jsou: oblast podchlazené kapaliny,

oblast přehřáté páry, super-kritická oblast, a oblast přechodu z kapalného skupenství do plynného, jenž se nachází pod křivkou nasycení.



Obr. 3: Diagram tlak / entalpie [3]

Na začátku cyklu (bod 1) je chladivo v podobě nasycené páry nasáto do kompresoru a adiabaticky stlačeno do bodu 2, dochází k nárůstu tlaku a entalpie. Z nasycené páry se stává přehřátá pára. Přehřátá pára vstupuje do kondenzátoru, kde je ochlazována při konstantním tlaku, to znamená, že je chladivu odebírána entalpie do bodu 2a. V tomto bodě je chladivo opět v podobě nasycené páry. Entalpie je však stále odebírána až dochází ke kondenzaci par. Jakmile všechny páry se zkapalní je cyklus v bodě 3, tedy na výstupu z kondenzátoru. Za expanzním ventilem dochází k entalpickému procesu, kdy je hodnota entalpie konstantní, ale chladivu klesá tlak a teplota až do bodu 4. Chladivo vstupuje do výparníku, kde přebírá teplo od proudícího vzduchu až do stavu nasycené páry a opět v bodě 1 vstupuje do kompresoru. Tento cyklus se neustále opakuje.

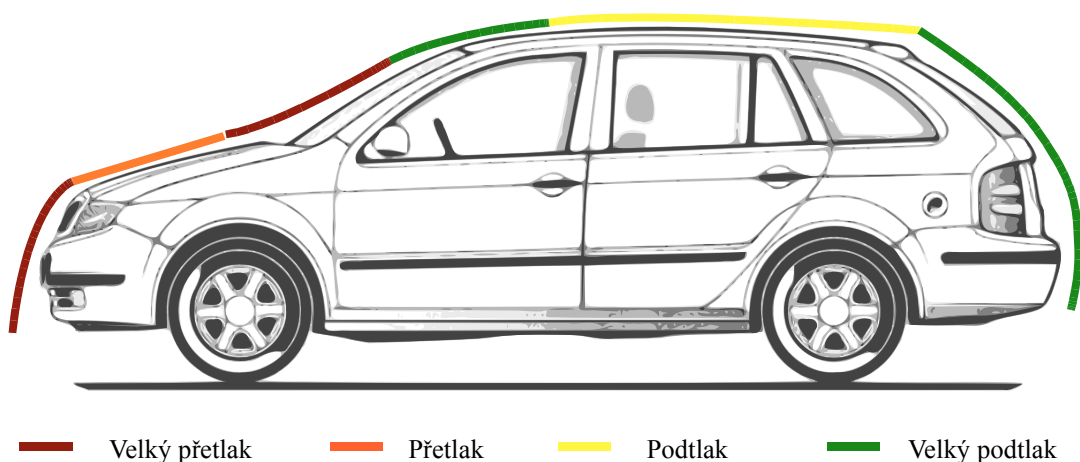
Reálný oběh se ovšem odchyluje od ideálního a to z důvodu konstrukčních, tak vlivem okolního prostředí. Je téměř nemožné zkonstruovat systém, který by se blížil ideálnímu cyklu za všech provozních režimů. Klimatizační systémy, nejlépe pracují při vysokých otáčkách kompresoru. Aby bylo zajištěno, že se k expanznímu ventilu dostane pouze chladivo v kapalném stavu, jsou systémy vybavovány zásobními nádobkami. Taktéž nelze zaručit ideálně konstantní pokles tlaku za expanzním ventilem. V kompresoru vznikají mechanické a tepelné ztráty, které narušují adiabatický proces. Proto je velice složité vytvořit, co neoptimálnější a neúčinnější systém klimatizace. [3]

2.4 Způsoby ventilace

Pojem ventilace označuje řízené proudění vzduchu v uzavřeném prostoru, v našem případě je to prostor pro posádku vozidla. Správné proudění vzduchu je důležité z hlediska rozložení teploty v prostoru a celkového pohodlí posádky. Musí taktéž zajistit dostatečný přívod čerstvého vzduchu, aby nedocházelo k hromadění kysličníku uhličitého. Proudění vzduchu do prostoru posádky je u motorových vozidel řešeno dvěma způsoby. Za prvé se jedná o ventilaci přirozenou, a za druhé pak o ventilaci nucenou.

Přirozená ventilace

Za jízdy vozidla vznikají na jeho povrchu, vlivem proudění okolního vzduchu a jeho aerodynamického tvaru, plochy s různým tlakem, viz obr. 4.



Obr. 4: Rozložení tlaku na povrchu vozidla konající dopředný pohyb

Plochy s vzniklým přetlakem jsou vhodné pro umístění vstupních otvorů, plochy s podtlakem pak pro umístění výstupních otvorů ventilace. Vhodným umístěním větracích otvorů je tedy dosaženo přirozené ventilace, vzduch na základě fyzikálních vlastností proudí z místa s vyšším tlakem, do místa s tlakem nižším. Nevýhodou tohoto způsobu ventilace je jeho závislost na rychlosti vozidla, která může způsobit nedostatečnou ventilaci při nízkých rychlostech a naopak příliš velký proud vzduchu při rychlostech vysokých. [3]

Nucená ventilace

Nucená ventilace je uskutečňována prostřednictvím ventilátoru umístěného ve ventilačním systému. Tato ventilace se využívá především při nízkých rychlostech, nebo v případě, kdy je velký nárok na výkon HVAC systému.

K pohánění ventilátorů je výhradně využíváno elektromotorů. Z hlediska konstrukce ventilátorů je můžeme rozdělit do dvou skupin – radiální a axiální. Radiální konstrukce nasává vzduch uprostřed ventilátoru a distribuuje jej kolmo k ose otáčení. U axiální konstrukce je vzduch opět nasáván uprostřed ventilátoru, ovšem je distribuován rovnoběžně s osou otáčení ventilátoru. Hlavním konstrukčním celkem ventilátoru jsou lamely. Na jejich tvaru, velikostech a počtu závisí většina vlastností ventilátoru, proto jsou konstruovány tak, aby při co nejmenších rozměrech, dokázaly vytvořit co největší proud vzduchu a samozřejmě byl ventilátor co nejtišší. Ventilátor je totiž zdrojem nízkofrekvenčního hluku, jenž negativně ovlivňuje pohodlí posádky vozidla. Další hluk pak vzniká prouděním vzduchu skrze ventilační rozvody a průduchy. Většina ventilátorů má řízení rychlosti otáčení, podle požadavků posádky.

Vstupní a výstupní ventilační otvory

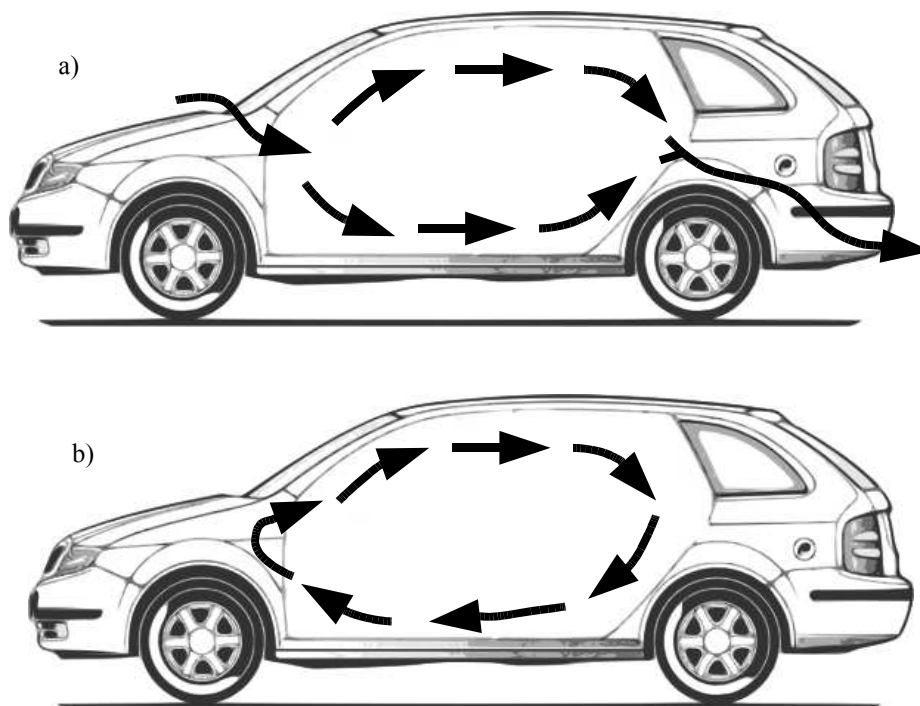
Vstupní ventilační otvor bývá nejčastěji umístěn pod předním oknem, což respektuje požadavky na přirozené proudění vzduchu dle obr. 4. Vstupní otvor je zpravidla opatřen několika stupňovou filtrací vzduchu. Nejčastěji bývá zvenčí opatřen mřížkou, bránící vstupu velkých nečistot, jako je listí apod. Dalším stupněm bývá pylový filtr, jenž dokáže zachytit miniaturní částice pylu a prachu. Touto filtrací je zaručena určitá čistota vzduchu, vstupujícího do prostoru pro posádku. Při zanesení

filtru může dojít k omezení proudu vzduchu, což je nežádoucí z pohledu výkonu celého HVAC systému.

Výstupní otvory bývají umístěny zpravidla pod zadním nárazníkem, nebo v zadním sloupku karoserie. Jsou kryty pryžovou klapkou, aby nevnikala do vozidla nežádoucí vlhkost, prach a především výfukové plyny, jenž jsou jedovaté a mohly by způsobit otravu cestujících. Vlivem provozu vozidla, může dojít k zanesení pryžových klapek a omezení jejich pohyblivosti, což způsobí špatnou ventilaci.

Rozvod a cirkulace vzduchu

Vzduch je nasát do jednotky úpravy a rozvodu vzduchu. Je to kompaktní blok nacházející se pod přístrojovou deskou vozidla a zahrnuje v sobě ventilátor, klapky pro míšení a rozvod vzduchu, těleso topení a výparník systému klimatizace. Po požadované úpravě vzduchu je přiváděn, skrze hadice a kanály, k různě rozmístěným výdechům uvnitř kabiny vozidla. Existují dva pracovní režimy, a to že vzduch je nasáván zvenčí, nebo zevnitř vozidla.



Obr. 5: Cirkulace vzduchu: a) s vnějším přívodem, b) s vnitřním přívodem

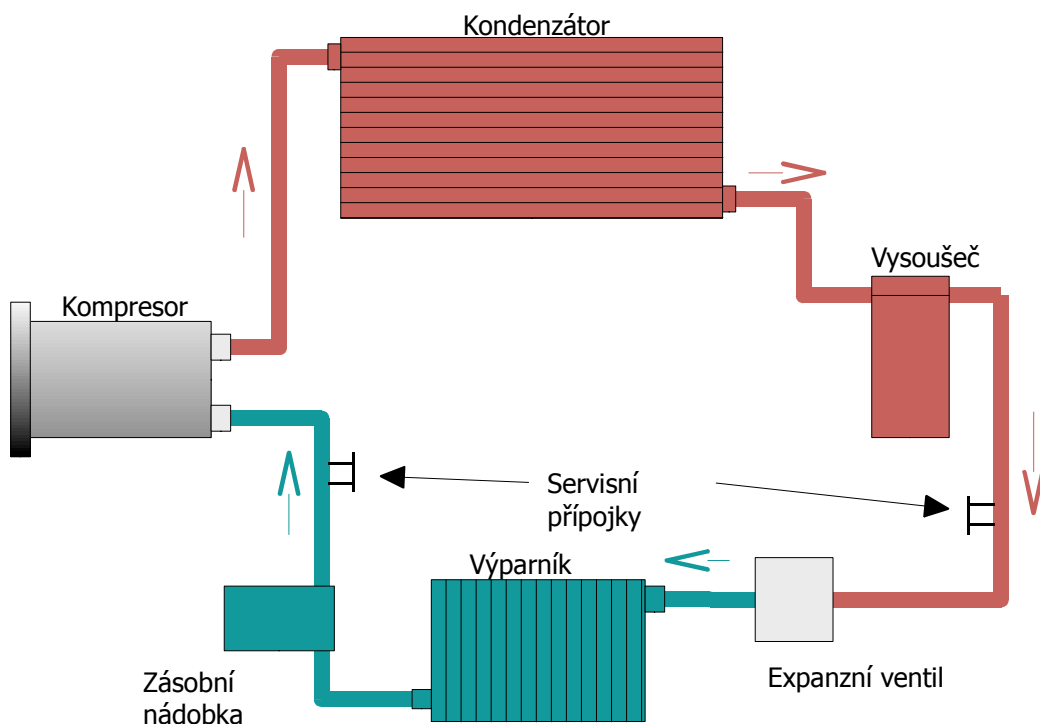
Při vnějším přívodu, viz obr. 5a., vstupuje vzduch skrze otvory v karoserii a soustavu filtrů do jednotky úpravy vzduchu. Následně je rozveden do prostor kabiny vozidla a v zadní části vozidla opět vystupuje ven z kabiny vozidla do okolního prostředí. Tím je zaručen přívod čerstvého vzduchu do prostoru kabiny vozidla, ale zase se snižuje účinnost chlazení popřípadě topení, vlivem velkých rozdílů teploty okolního vzduchu a požadované teploty uvnitř kabiny. [3]

Vzduch nemusí být nutně nasáván z vnějšího okolí, ale může být recirkulován uvnitř kabiny vozidla. Tzn., že vzduch je nasáván opět z kabiny vozidla, upraven podle požadavků posádky a znovu rozváděn do prostoru kabiny viz obr. 5b. Tento režim umožňuje zvýšit účinnost topení a klimatizace, ale nevýhodou je zvyšující se vlhkost, které způsobuje mlžení oken apod. Nárůst vlhkosti je způsoben jejím vypařováním z těl posádky.

3 Klimatizační systém vozidla

Klimatizační systém vozidla je tvořen uzavřeným okruhem, jehož základními prvky jsou kompresor, kondenzátor, expanzní ventil, výparník, zásobní nádobka a vedení. Na výstupu z kompresoru vychází horké stlačené páry chladiva, jež jsou vedeny do kondenzátoru. V kondenzátoru jsou ochlazeny a kondenzují do kapalné formy. Kapalné chladivo dále pokračuje přes zásobní nádobku s vysoušečem k expanznímu ventilu. Za expanzním ventilem dochází k expanzi a kapalné chladivo se ve výparníku vypařuje, přičemž odebírá teplo okolnímu prostředí. Páry chladiva o nízkém tlaku jsou opět nasáty kompresorem a celý okruh se opakuje. Okruh je schématicky naznačen na obr. 6, včetně směru pohybu chladiva. [1]

Aby mohl systém pracovat správně, musí být vybaven regulací teploty. Regulátorem u manuálních systémů je sám řidič, jež ovládá nastavovací prvky podle vlastního vjemu okolního prostředí. U automatických systémů je celý chod řízen elektronikou, pomocí řídicí jednotky. Zpětnou vazbu v tomto případě zajišťují snímače teplot, vlhkosti atd.



Obr. 6: Obecné schéma klimatizačního systému

3.1 Kompresor

Jako hlavní článek celého klimatizačního systému je považován kompresor. Jeho úkolem je stlačovat chladivo a tím zajišťovat jeho cirkulaci v uzavřené smyčce. Existuje mnoho typů kompresorů lišících se především velikostí, tvarem, rychlostí a směrem otáčení. Kompresor je hlavní spotřebičem celého A/C systému. Spotřebuje téměř 75 % energie pokrývající chod klimatizace. Z tohoto důvodu je celková účinnost A/C systému závislá především na volbě kompresoru. Z dnešního pohledu snižování emisí výfukových plynů vozidel je proto snaha snižovat spotřebu, nebo zvyšovat účinnost A/C systému, aby došlo ke snížení spotřeby vozidla a snížení emisí.

Rozdělení kompresorů

- *Podle konstrukce:*
 - *Přímočaré – radiální pístové*
 - *Přímočaré – axiální pístové*
 - *Lamelové*
 - *Oscilační*
- *Podle řízení průtoku:*
 - *S konstantním průtokem*
 - *Regulační – mechanicky řízené*
 - *Regulační – elektricky řízené*
- *Podle způsobu stlačování*
 - *Objemové*
 - *Odstředivé*

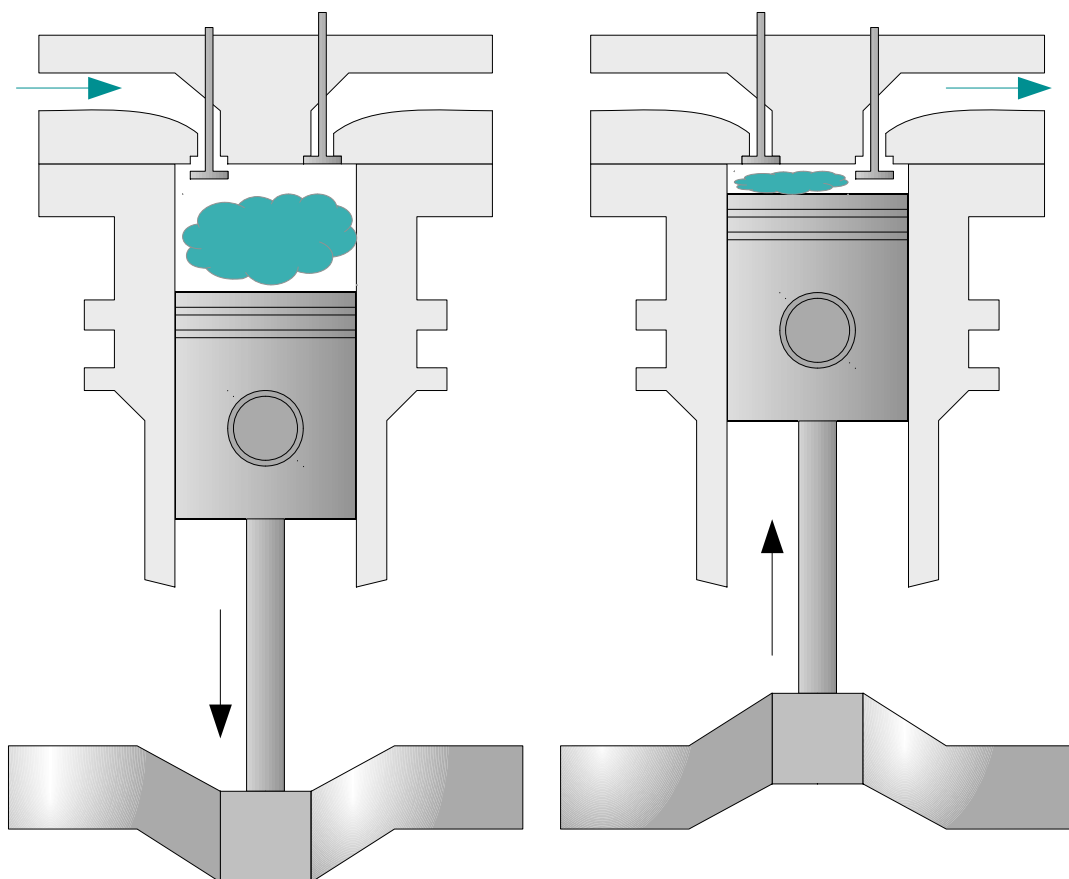
Princip činnosti

Kompresor je poháněn přes soustavu kladek řemenem od spalovacího motoru vozidla. Řemenice kompresoru obsahuje elektromagnetickou spojku, která se připojí v okamžiku požadavku na činnost systému. V opačném případě je rozpojena, aby nedocházelo ke zbytečnému odběru výkonu a tím zvyšování spotřeby vozidla. Na vstupní straně jsou nasávány páry ze zásobníku nebo výparníku. Tyto páry jsou dále stlačeny a na výstupní straně vytlačovány do kondenzátoru, kde se ochlazením zkapalní. Stlačením dochází k nárůstu tlaku a teploty. Tlak vzroste přibližně 11-krát (z 200 kPa na

2200 kPa) a teplota se zvýší z 0 °C až na 110 °C, tyto hodnoty se mohou měnit v závislosti na typu použitého kompresoru.

Regulovatelné kompresory dokáží měnit množství vytlačovaného chladiva a tím plynule reagovat na požadavky výkonu A/C systému. Regulovatelný systém se odlišuje od neregulovatelného systému redukčním ventilem na výstupu z výparníku. Hlavní výhody tohoto systému spočívají v menším počtu spínacích cyklů spojky kompresoru, tím pádem dochází k menšímu opotřebení mechanických dílů spojky a menšímu hluku. Taktéž se snižuje spotřeba spalovacího motoru vozidla. Průtok kompresorem nikdy nesmí klesnout na nulovou hodnotu, protože chladivo plní i mazací funkci, mohlo by dojít k jeho poškození. [4]

Objemové kompresory pracují na principu změny objemu, kdy dochází ke stlačení změnou objemu nasátého média. Princip odstředivých kompresorů je založen na odstředivé síle (centrifuze), kdy ke stlačení dochází právě pomocí odstředivé síly, působící od bodu otáčení.



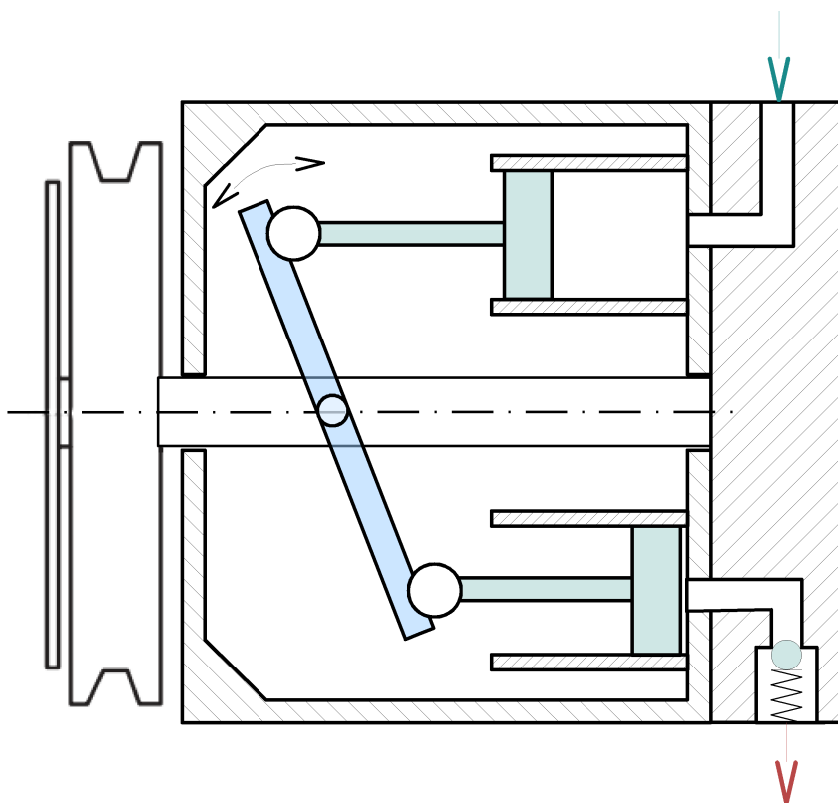
Obr. 7: Princip přímočarého radiálního kompresoru

Přímočarý pístový kompresor (radiální)

Tento konstrukční typ kompresoru se v klimatizačních systémech motorových vozidel používá nejčastěji. Ve válci se pohybuje píst stlačující chladivo, jenž je připevněný skrze ojnice ke klikové hřídeli. Na klikové hřídeli je vně kompresoru umístěna řemenice pro hnací řemen od spalovacího motoru. V pracovní komoře kompresoru je ventilový systém řídící pohyb chladiva. Klikový mechanismus převádí rotační pohyb řemenice na přímočarý pohyb pístu. Při pohybu pístu dolů dochází k nasávání chladiva skrze sací ventil. Při následném pohybu pístu je nasáté chladivo stlačováno. Před horní úvratí se otevře výtlačný ventil a stlačené a horké chladivo (horká pára) se vytlačí z pracovní komory kompresoru.

Přímočarý pístový kompresor (axiální)

Axiální pístové kompresory jsou v klimatizačních systémech nejpoužívanější. Jejich výhodou je, že mohou být konstruovány jako neregulovatelné nebo regulovatelné. Axiální písty jsou dvoustranné a mají oddělené pracovní komory.

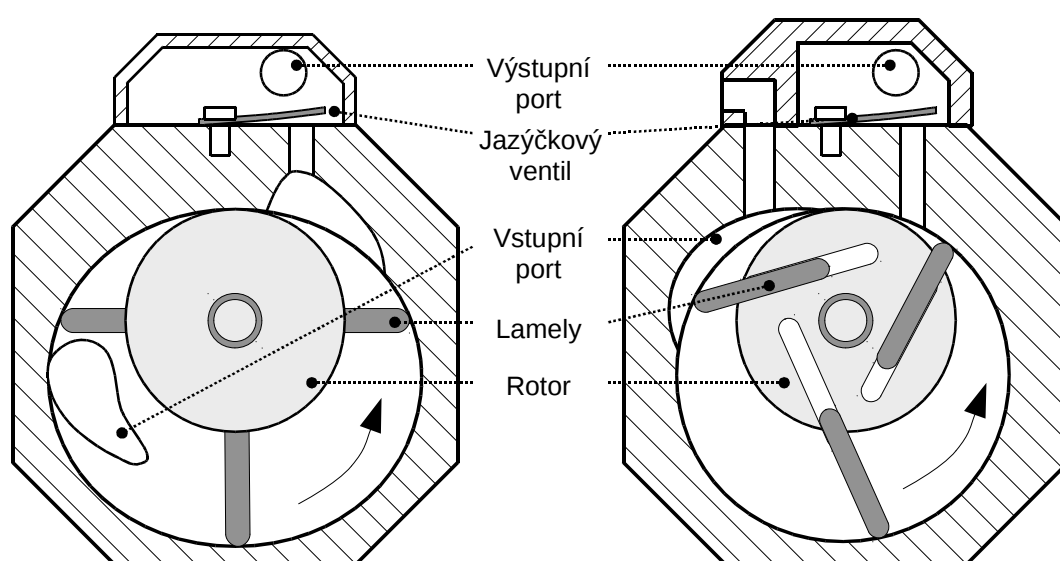


Obr. 8: Principiální řez regulovatelným axiálním pístovým kompresorem

Jsou umístěny rovnoběžně s hnací hřídelí a umístěny v pomyslném kruhu, okolo této hřídele. U neregulovatelných kompresorů je rotační pohyb hřídele převáděn na přímočarý pohyb pístu prostřednictvím nakloněné desky. U regulovatelných typů se regulace provádí naklápěním této desky, čímž se určí délka zdvihu pístu. Písty jsou připojeny k desce prostřednictvím kulových kloubů. Při sacím pohybu pístu vzniká v pracovní komoře podtlak, který umožní nasátí chladiva přes vstupní ventil. Při výtlačném pohybu je stlačené chladivo vytlačeno skrze výstupní ventil na výstupní port kompresoru.

Lamelový kompresor

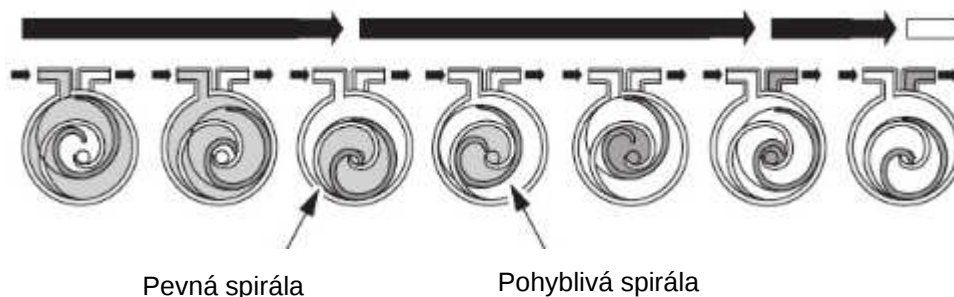
Lamelový kompresor je poměrně účinný, tichý a kompaktní kompresor. Vyrábí se ve dvou provedeních, a to v souosém a excentrickém provedení. U souosých lamelových kompresorů jsou dvě lamely zasunuty do drážek v rotoru. Vlivem odstředivé síle jsou přitlačovány ke statoru. Ve vzniklých mezerách je stlačováno pracovní médium. Princip činnosti je jednoduchý, jelikož je pracovní komora rozdělena na tři části dochází k nasátí chladiva, dalším pootočením rotoru dojde k jeho stlačení a v poslední fázi je chladivo vytlačeno výstupním ventilem. U excentrických kompresorů je rozdíl v konstrukci lamel, jež nejsou umístěny kolmo, nýbrž zvlášť a pod jiným úhlem. Rotor se otáčí excentricky k statorové komoře, což je konstruováno kvůli změně objemu kompresoru. Samotná činnost excentrického kompresoru je stejná jako u souosého provedení.



Obr. 9: Zjednodušená konstrukce lamelových kompresorů

Oscilační kompresor

Princip oscilačního kompresoru je založen na dvou do sebe vsazených šroubovic, kdy jedna je volná a otáčí se s hnací hřídelí tvořící pomyslný píst kompresoru, druhá je pak pevně připevněna k bloku kompresoru a vytváří pomyslné stěny pracovního prostoru kompresoru.

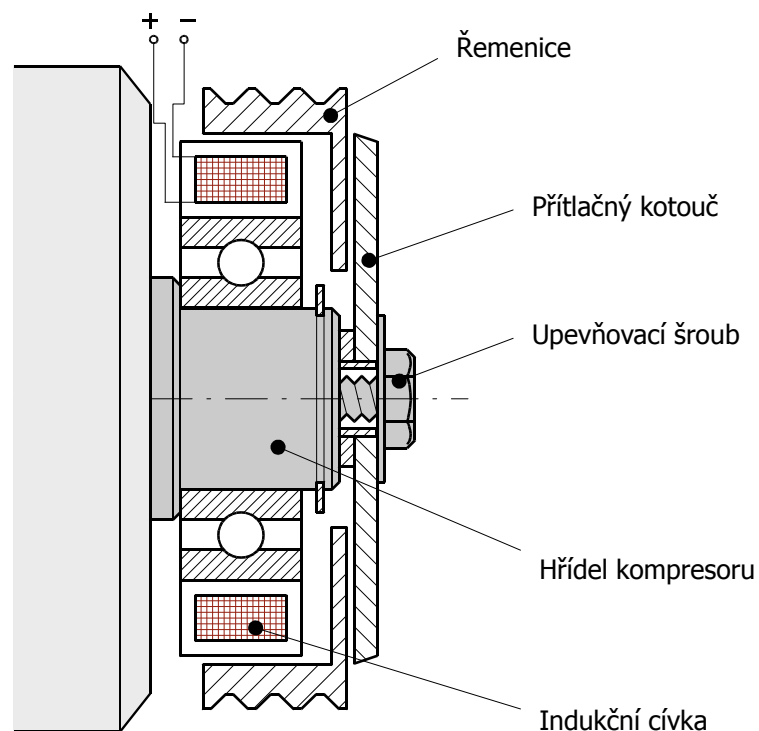


Obr. 10: Princip činnosti oscilačního kompresoru [3]

V sací fázi rotačním pohybem pohyblivé šroubovice zvětšuje sací prostor, což způsobí pokles tlaku a chladivo je pod tlakem nasáto do kompresoru. Dalším otáčením je nasáté chladivo uzavřeno mezi stěnami obou spirál a rotačním pohybem dochází ke smršťování tohoto prostoru a tím ke stlačení chladiva. Následně je stlačené chladivo vytlačeno skrze výtlačný ventil umístěný ve středu spirály. Názornější ukázka činnosti oscilačního kompresoru je na obr. 10.

3.2 Elektromagnetická spojka

Kompresor je poháněn skrze soustavu kladek drážkovým řemenem od klikové hřídele spalovacího motoru. Aby kompresor nepracoval nepřetržitě i v okamžicích, kdy není požadavek na výkon klimatizace, je jeho spojení se spalovacím motorem, realizován přes elektromagnetickou spojku. V okamžiku vzniku požadavku na výkon klimatizace, se sepne elektrický obvod přitahovací cívky. Indukčnost cívky způsobí vznik elektromagnetického pole, dojde k přitažení ocelového kotouče a spojení řemenice s hřídelí kompresoru. Spojení je realizováno pouze třecí vazbou mezi řemenicí a ocelovým kotoučem, jenž je pevně spojen s hřídelí kompresoru. Řemenice se v rozepnuté poloze volně otáčí na hřídelí kompresoru. Její vůle se nejčastěji vymezuje pomocí ocelových podložek.



Obr. 11: Konstrukční schéma elektromagnetické spojky kompresoru

3.3 Kondenzátor

Kondenzátor plní funkci výměníku tepla. V horní části vstupuje horká pára z kompresoru, která je průchodem kondenzátoru ochlazená a v dolní části pak vystupuje studené chladivo. Tím jak v kondenzátoru poklesne tlak, dochází k uvolnění tepla, které je pak předáváno do okolí. Pára kondenzuje a odtéká do zásobní nádoby. Kondenzátor se nachází většinou v přední části motorového prostoru vozidla tak, aby nápor vzduchu vznikající při jízdě, účinně ochlazoval těleso kondenzátoru. Vzhledem k úspoře místa v motorovém prostoru vozidla je požadavek na co největší účinnost kondenzátoru. V případě, kdy se vozidlo nepohybuje, je potřeba proud vzduchu vytvářet pomocí přídavného ventilátoru.

3.4 Zásobní nádoba s vysoušečem

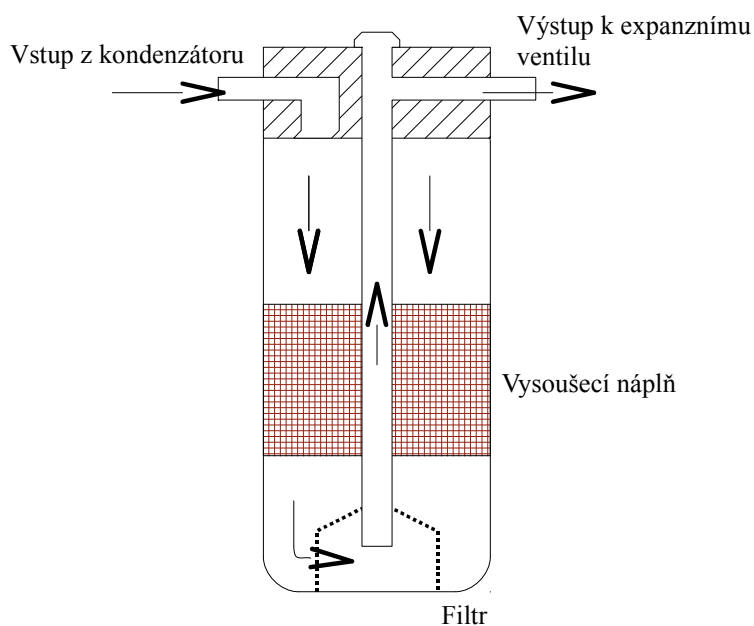
Zásobní nádoba je umístěna mezi výparníkem a kompresorem. Zásadním úkolem zásobní nádoby je dostatečně pokrývat požadavky systému při změně jeho zatížení. Chladivo vstupuje z výparníku v plynném stavu a uvnitř zásobníku tvoří vír a sestupuje

níže. Ve spodní části filtru je U trubice, kterou proudí část chladiva a přes dávkovací otvor je do chladiva přidáváno malé množství oleje pro mazání kompresoru.

Vysoušeč se nachází mezi kondenzátorem a expanzním ventilem. Musí zajistit, aby veškerá vlhkost obsažená v chladivu byla zadržena a zároveň aby se k expanznímu ventilu dostalo chladivo pouze v tekutém stavu. Vlivem vlhkosti by mohlo dojít ke vzniku koroze na některých dílech, případně k tvorbě námrazy a ucpání systému. Zachycená vlhkost zůstává ve vysoušeči.

U bezvadného systému do vysoušeče vstupuje chladivo v kapalném stavu. Při nedostatečné účinnosti kondenzátoru nebo jiné poruše systému, může vstupovat i v plynném stavu. Kapalně chladivo klesá na dno vysoušeče, kde prostupuje filtrem nečistot. Páry zůstávají v horní části vysoušeče. Vzhledem k tomu, že vývod je umístěn ve spodní části vysoušeče, je zajištěno, aby vystupovalo pouze chladivo kapalně.

I když podle popisu se vysoušeč a zásobní nádobka nachází v jiné části okruhu, jsou spojeny do jednoho dílu. Řazení v okruhu je samozřejmě zachováno. Díl jako celek má tedy dva vstupy a dva výstupy. Proto se obvykle uvádí pojem zásobní nádobky s vysoušečem.



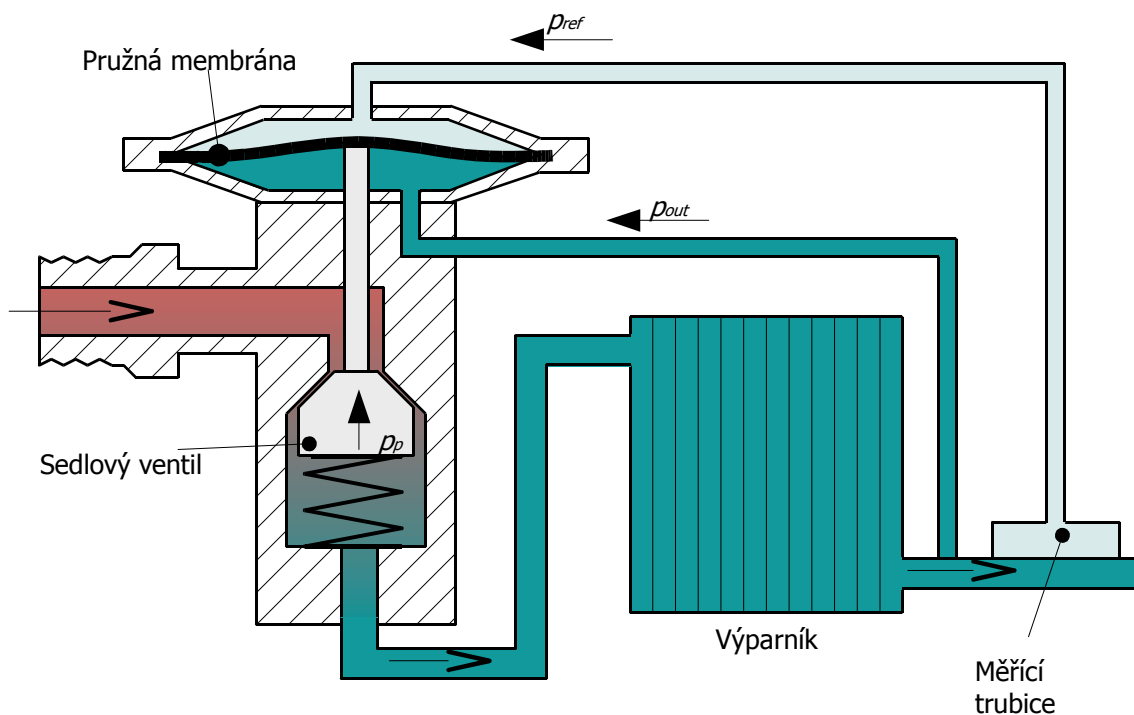
Obr. 12: Schéma tělesa vysoušeče

3.5 Expanzní ventil

V současné době se používají dva systémy řídicí množství chladiva vstupujícího do výparníku. Prvním systémem je termostatický expanzní ventil a druhým expanzní ventil s clonou (pevnou nebo proměnnou). Expanzní ventil odděluje vysokotlakou a nízkotlakou část okruhu klimatizace, určuje objem chladiva vstupujícího do výparníku a zaručuje, aby přehřáté chladivo odcházelo z výparníku. Termostatické expanzní ventily se používají v několika variantách. Rozdíl je především v systému ovládání samotného ventilu. První systém je s vnějším ovládáním, druhý pak s vnitřním ovládáním.

Termostatický expanzní ventil s vnějším ovládáním

Klíčovou částí termostatického expanzního ventilu s vnějším ovládáním je pružná membrána. Průhyb membrány otevírá nebo uzavírá ventil a tím ovlivňuje objem chladiva proudícího do výparníku. Na výstupu z výparníku je měřicí trubice naplněná inertním plynem, jenž snímá teplotu chladivy vystupujícího z výparníku. Měřicí trubice je spojena s komorou nad membránou. Vlivem změny teploty, dochází k rozpinání inertního plynu a ke změně tlaku nad membránou. Na druhé straně membrány působí tlak chladiva a pružiny. Síla pružiny je nastavená z výroby, aby docházelo k otevření při správném rozdílu teplot, proto při poruše ventilu musí být vyměněn za nový.



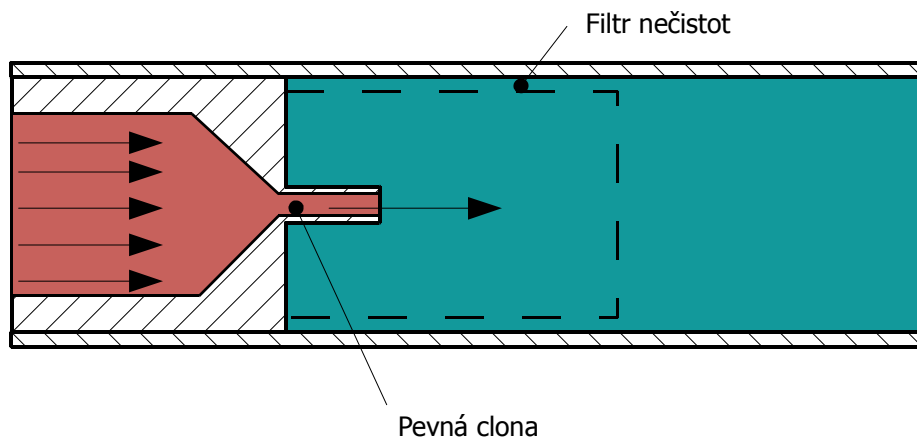
Obr. 13: schéma činnosti expanzního ventilu s vnějším ovládáním

Termostatický expanzní ventil s vnitřním ovládáním

U expanzního ventilu s vnitřním ovládáním, se přehřáté chladivo vrací skrze ventil. Ve zpětné části je v tělese ventilu vyvrtán otvor, kterým se přivádí médium k membráně. Tím je ušetřeno chladivo, které se ztratí ve vedení při vnějším ovládání ventilu. Pokud jsou páry chladiva více přehřáté, než by měly být, dojde k průhybu membrány a otevře se expanzní ventil. Tím se dostane do výparníku větší objem chladiva a dojde k jeho ochlazení. Když teplota výstupních par klesne pod požadovanou teplotu, prohne se membrána v opačném směru a expanzní ventil se přivře. Ventil tedy pracuje s dvoubodovou regulací, stejně jako předchozí řešení.

Expanzní ventil s pevnou clonou

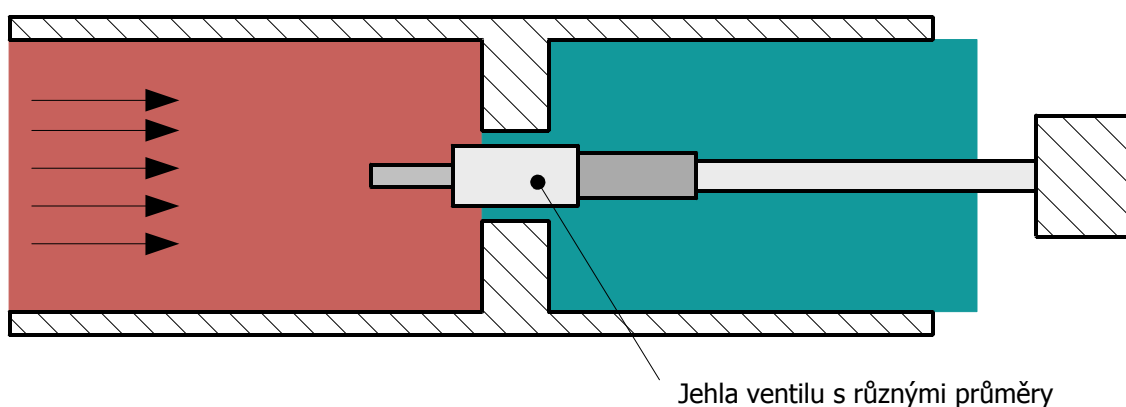
Expanzní ventil s pevnou clonou je umístěn uvnitř potrubí. Na první pohled jej poznáme pouze podle širšího potrubí. Chladivo do výparníku proudí skrze malý otvor ve ventilu a expanduje. Jelikož objem chladiva přivedený do výparníku závisí na průměru otvoru a tlaku chladiva, je jediným možným způsobem řízení systému změnou tlaku. Kompresor tedy musí být regulovatelný a jeho řízení je provedeno pomocí přepínače. Vzhledem k tomu, že průměr otvoru je konstruován tak, aby vyhovoval při maximálním zatížení, může docházet při minimálním zatížení k nedostatečnému odpaření chladiva. Z tohoto důvodu musí být za výparníkem zásobní nádobka, jež zajistí, že kompresor nasaje pouze chladivo ve formě páry. Vzhledem k různým výkonům klimatizačních systémů, se i expanzní ventily vyrábí s různými průměry otvorů, a to od 1,19 do 1,70 mm. Jednotlivé velikosti jsou barevně označeny, aby nedošlo k jejich záměně.



Obr. 14: Schéma expanzního ventilu s pevnou clonou

Expanzní ventil s proměnnou clonou

Nejmodernější systémy klimatizací motorových vozidel, jsou vybaveny expanzním ventilem s proměnnou clonou. U ventilů s pevnou clonou je nevýhodou špatná reakce na výkonové požadavky systému, a zároveň nežádoucí zatížení kompresoru od neustálého přepínání výkonu. Ventil s proměnnou clonou, dokáže lépe reagovat na výkonové požadavky a lépe tak využít parametrů kondenzátoru a výparníku. V případě nízkých otáček kompresoru ventil zmenší průtočný otvor, a tím se zvýší tlak chladiva a může dojít ke správnému průběhu expanze.



Obr. 15: Schéma expanzního ventilu s proměnnou clonou

3.6 Výparník

Konstrukčně je výparník podobný kondenzátoru. Chladivo proudí uvnitř ohýbaných trubek, ke kterým jsou připevněny lamely, aby bylo dosaženo větší plochy pro přestup tepla. Teplý vzduch proudí skrze výparník a jeho teplo mu je odebráno chladným výparníkem. Vzhledem ke změně tlaku za expanzním ventilem, je chladivo právě na bodu varu, tudíž dokáže pojmout velké množství tepla, aniž by se změnila jeho teplota. Ohřáté chladivo v plynném skupenství, pak pokračuje skrze zásobní nádobku do kompresoru. Proudící vzduch skrze výparník musí být zbaven nečistot a vlhkosti. Protože jeho teplota je velmi nízká, vlhkost by způsobovala námrazu, a tím by se snižovala účinnost systému. Vysušený vzduch má příznivý vliv na pohodlí posádky a především nezpůsobuje mlžení oken vozidla. Výparník je tedy konstruován tak, aby dokázal odebrat, co největší množství tepla, a co největšímu množství vzduchu.

3.7 Chladicí média

Ideální chladicí médium by mělo mít nízkou teplotu bodu varu. Zároveň musí být mísitelné s olejem, kvůli mazání systému, netoxické a nehořlavé při jeho úniku do okolí. Nesmí způsobovat korozi částí systému z kovu, pryže, plastů. Z hlediska ekonomického musí být levné na výrobu, používání a likvidaci.

CFC12 – dichlorodifluoromethane

Chladivo skládající se z chlóru, fluoru a uhlíku, označováno CFC12 (dále jen R12). Toto chladivo se využívalo v začátcích vývoje klimatizačních systémů. Od roku 2001 je však jeho používání zakázáno, protože při úniku narušuje ozónovou vrstvu země. Jeho hlavní výhodou byl vysoký kritický bod tlaku a teploty. V malých množstvích je netoxické a může být recyklováno. Nesmí se zahřívat nad 300 °C, nebo zapálit, protože se začne uvolňovat jedovatý fosgen. Je mísitelné s minerálními oleji.

| Chladivo | R12 | R134a |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Parametr | | |
| Název | dichlorodifluoromethane | tetrafluoroethane |
| Barva skladovacích lahví | Bílá | Světle modrá |
| Vysoušedlo | XH-5 | XH-7, XH-9 |
| Olej | minerální | PAG |
| Bod varu při 100kPa | -29,8°C | -26,5°C |
| Kritická teplota | 112°C | 101,15°C |
| Kritický tlak | 4,148MPa | 4,068MPa |
| Molární hmotnost | 120,92g/mol | 102,03g/mol |
| Hustota kapaliny při 20°C | 1330kg/m ³ | 1230kg/m ³ |
| Způsob připojení | závit | rychlospojka |

Tabulka 1: Srovnání parametrů chladiv R12 a R134a [3]

HFC134a – tetrafluoroethane

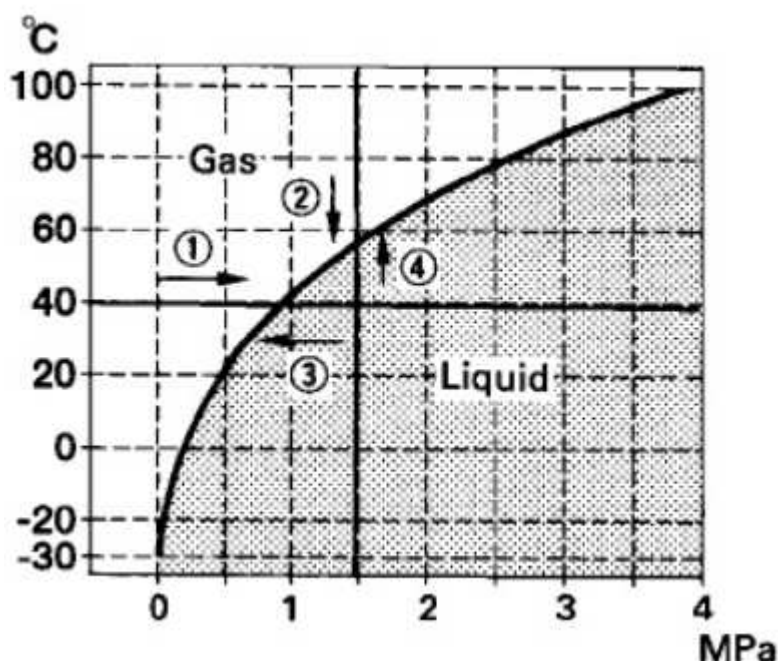
Chladivo skládající se z vodíku, fluoru a uhlíku, označováno HFC134a (dále jen R134a). Začalo se používat jako náhrada za chladivo R12, protože neobsahuje chlór, jenž narušuje ozónovou vrstvu země. Taktéž je netoxické a nekorozivní, nesmí se mísit s minerálními oleji. Pro chladivo R134a byl vyvinut speciální syntetický olej označovaný

PAG (poly alkaline glykol). PAG je vysoce hydroskopický, tzn. že rychle pohlcuje vodu, proto musí být klimatizační systém po jeho naplnění, co nejdříve uzavřen. Chladivo je také recyklovatelné a nesmí se míchat s R12. V případě změny systému z chladiva R12 na R134a je nutné vyměnit i většinu komponentů a těsnění, z důvodu jiné velikosti molekul chladiva. [3]

Graf na obrázku 16 představuje závislost tlaku chladiva na jeho teplotě. Křivka představuje body varu chladiva pro různé tlaky a teploty. Pokud se zaměříme na okolní plochy, tak ta pod křivkou (zvýrazněná) představuje kapalně skupenství, plocha nad křivkou pak představuje plynně skupenství chladiva.

Popis stavů vyplývajících z obr. 16:

1. Stav kdy je chladivo v plynném skupenství, pokud zůstane teplota konstantní a zvýší se pouze tlak, chladivo zkondenzuje a změní své skupenství na kapalně.
2. Chladivo je v plynném skupenství, pokud se teplota začne snižovat a tlak zůstane konstantní, chladivo zkondenzuje a změní své skupenství na kapalně.
3. Chladivo je v kapalném skupenství, pokud zůstane teplota konstantní a tlak se začne snižovat, dojde k jeho odpaření a změní své skupenství na plynné.
4. Chladivo je v kapalném skupenství, pokud se teplota začne zvyšovat při konstantním tlaku, dojde k jeho odpaření a změní své skupenství na plynné.



Obr. 16: Křivka průběhu tlaku a teploty chladiva R134a [3]

3.8 Akční členy a senzory

Aby mohl klimatizační systém vozidla pracovat správně, je nutné zajistit jeho řízení. Nejlepší volbou regulace je řízení ve zpětnovazební smyčce. Jako regulátor zde figuruje řídicí jednotka systému, jenž ovládá akční členy na základě informací ze senzorů. Pomocí senzorů je zajištěna zpětná vazba, jenž je pro regulaci důležitá. Používané akční členy a senzory v klimatizačních systémech jsou popsány níže.

Teplotní senzor na výparníku

U systémů s elektronickým řízením se používá teplotní senzor. Na výstupním pinu senzoru se mění napětí podle teploty výparníku. Senzor je spojen s řídicí jednotkou systému, která porovnává aktuální hodnoty s hodnotami uloženými v paměti. Jedná se většinou o čidlo typu NTC, tzn. že jeho odpor s rostoucí teplotou klesá. Důležitá hodnota teploty výparníku je 1 °C, pod který nesmí klesnout jeho teplota aby nedocházelo k namrzání vlhkosti. Pokud teplota stoupne opět na 2,5 °C je spojka opět sepnuta. U modernějších klimatizačních systémů obsahuje senzor vyhodnocovací obvod a samotná informace je přenášena do řídicí jednotky v digitální formě. U jednoduchých systémů je senzor připojen přímo na relé elektromagnetické spojky a v případě potřeby spíná nebo rozepíná spojku kompresoru.

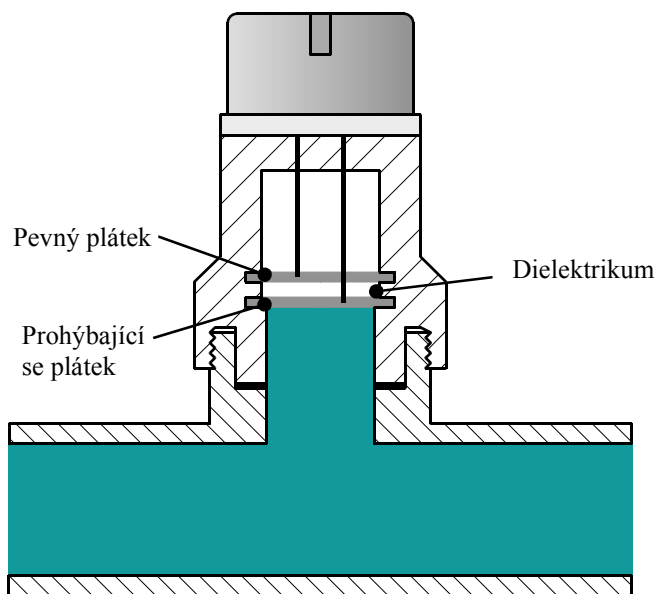
Tlakové spínače a senzory

Většinou se používají tlakové senzory, jejichž činnost je založena na změně elektrické kapacity. Snímací prvek se skládá ze dvou pokovených keramických plátek oddělených dielektrickou mezerou. Plátek přicházející do kontaktu s chladivem je jeho tlakem deformován a dochází ke změně tloušťky dielektrické mezery a tím ke změně elektrické kapacity. Integrovaný obvod v těle senzoru pak převádí změnu kapacity na změnu hodnoty výstupního napětí.

Tlakové spínače se používají pro hlídání tlaku v systému, a na základě jeho hodnoty pak spínají nějaký akční člen. Spínače se rozdělují do tří skupin. U moderních systému řízení klimatizačních systémů, tyto tři spínače nahrazuje jeden tlakový senzor.

Nízkotlaké spínače spínají v okamžiku, kdy tlak v chladicím systému klesne pod určitou kritickou mez, např. Z důvodu úniku chladiva. V tomto případě spínač rozpojí obvod indukční cívky elektromagnetické spojky a dojde k zastavení kompresoru.

Vysokotlaké spínače, hlídají naopak horní kritický bod tlaku v chladicím systému. Například při ucpání některé z částí systému, dojde k nárůstu tlaku, vysokotlaký spínač tento nárůst zaznamená a odpojí elektrický obvod indukční cívky elektromagnetické spojky kompresoru.



Obr. 17: Zjednodušená konstrukce senzoru tlaku

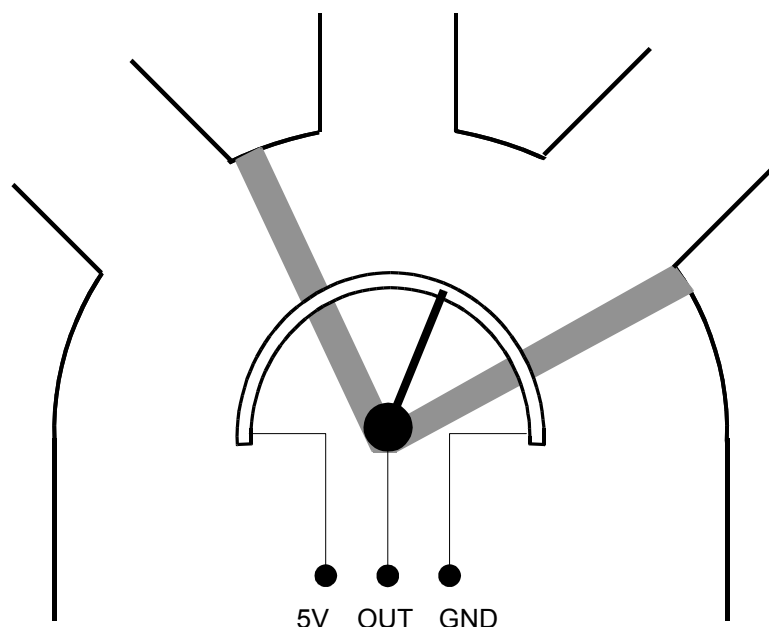
Posledním typem spínačů, je spínač vysokorychlostního ventilátoru, jež spíná v největším vytížení klimatizačního systému, aby byl zajištěn dostatečný odvod tepla z kondenzátoru.

Snímač vlhkosti a teploty

Snímače teploty a vlhkosti bývají často integrovány na jednom čipu z důvodu teplotní kompenzace a elektromagnetického rušení. Snímač vlhkosti měří relativní vlhkost prostředí na základě změny elektrické kapacity. Dielektrický polymer buď pohlcuje, nebo uvolňuje vodu a tím mění kapacitu snímače. Snímače teploty jsou jednoduché termistory, nejčastěji typu NTC. Snímání okolní teploty je často korigováno podle rychlosti vozidla, protože vzduch proudící okolo ochlazuje snímač a vnáší chybu do měření.

Snímače polohy

Jsou tvořeny odporovými dráhami (potenciometry). Například pro zjištění pootočení klapky distribuce vzduchu. Podle pohybu dvířek se na odporové dráze pohybuje jezdec. Změnou vzdálenosti pohyblivého kontaktu na odporové dráze se mění odpor snímače a tím i výstupní napětí. [7]



Obr. 18: Snímač polohy klapky rozvodu vzduchu

Snímač intenzity slunečního záření

Bývá nejčastěji tvořen fotodiodou, která snímá intenzitu dopadajícího světla. Intenzitě světla je pak úměrný proud protékající diodou. Intenzita slunečního záření je z hlediska HVAC systému důležitá pro zjištění oteplení vnitřního prostředí od slunečního záření. Využívá se především u plně automatických systémů.

Regulátor tlaku ve výparníku

Nachází se na výstupu z výparníku před vstupem do kompresoru. Jeho úkolem je regulovat tlak ve výparníku, tak aby teplota neklesla k 0 °C, kdy by mohlo dojít k zamrznutí systému. Svým způsobem plně nahrazuje teplotní senzor na výparníku a odpadá tak spínání a rozepínání spojky kompresoru. Ventil totiž pracuje sám na základě

tlaku v systému, podobně jako u chladících systémů motorových vozidel pracuje termostat.

Senzor kvality vzduchu

Senzor kvality vzduchu snímá nečistoty ve vzduchu proudícím dovnitř vozidla zejména oxid uhelnatý a oxid dusičitý. V případě, kdy je okolní vzduch znečištěn dojde k uzavření vstupní klapky a recirkulaci vnitřního vzduchu. V případě, kdy je znečištění dlouhodobé, dochází po určité době k automatickému otevření vstupní klapky, aby alespoň chvíli proudil čerstvý vzduch dovnitř vozidla.

3.9 Elektrické a elektronické vybavení

Pro zajištění poloautomatického a automatického ovládání klimatizace je nutno A/C systém vybavit nejrozličnějšími elektrickými a elektronickými prvky. Jelikož je ve vozidle poměrně propracovaný rozvod elektrické energie, je poměrně snadné k němu připojovat další systémy jako např. systém klimatizace. Jako většina systémů motorových vozidel je připojen na stálé elektrické plus (kontakt 30, plus pól baterie), dále na kontakt ze spínací skříňky. Všechny připojení musí být chráněny proti zkratu dostatečně dimenzovaným jištěním, nejčastěji formou tavných pojistek. Aby mohl A/C systém komunikovat s ostatními systémy vozidla může být připojen na komunikační sběrnici. V následujících bodech budou představeny základní prvky elektrické soustavy klimatizačního systému.

Ovládací panel s řídícím modulem

Provedení a funkce jednotlivých ovládacích panelů klimatizačních systémů se liší dle jejich provedení a konstrukčního řešení. Ovládací panely mívají implementován i řídící modul klimatizace. Jeho funkce se liší opět podle konstrukčního řešení systému a požadavků na jeho řízení. U komfortních vozidel vyšší třídy bývá do tohoto řídícího modulu implementována funkce navigace, DVD přehrávače apod. V dalších odstavcích budou rozebrány základní provedení ovládacích panelů. [4]

Manuální ovládání klimatizace se provádí prostřednictvím tří otočných ovladačů pro nastavení teploty vstupujícího vzduchu do vnitřního prostoru, nastavení klapek

rozvodu vzduchu a ovladačem otáček ventilátoru. Manuální ovládací panel je ještě doplněn tlačítkem pro zapnutí a vypnutí klimatizace. Ovládání jednotlivých členů je realizováno prostřednictvím lanek a bowdenů nebo jednoduchými elektrickými obvody bez elektronických pamětí apod.

U poloautomatického ovládání, jsou jednotlivé ovladače shodné s manuálním ovládáním, a zároveň jsou doplněny pozicí automatického režimu. Panel bývá doplněn o LCD displej zobrazující nastavené parametry. Poloautomatické ovládání se už neobejde bez složitějších elektronických obvodů, které jsou předem naprogramovány. Díky implementaci elektroniky dokáží zobrazovat na displeji hodnoty nastavení a různá upozornění, což se týče funkce systému.

Plně automatické ovládací panely klimatizačních systémů mají mnohem více ovládacích prvků a prvek pro spuštění automatického režimu. K tomu je systém doplněn více teplotními senzory a akčními členy, aby řídicí modul měl dostatek informací pro správnou regulaci systému. Často bývá vybaven barevným LCD displejem, pro lepší komunikaci systému s posádkou. Řídicí modul bývá připojen na komunikační sběrnici vozidla.

Jištění elektrických obvodů

Všechny elektrické obvody v automobilech musí být jištěny proti přetížení a elektrickému zkratu. Nejčastěji bývá jištění provedeno formou plastových tavných pojistek s nožovými vývody, umístěných ve společné pojistkové skříni. Uvnitř plastového těla pojistky je tavný drátek, který se v případě proudového přetížení přetaví a přeruší elektrický obvod. Pojistky se rozlišují podle ampérové hodnoty. Každá hodnota má vlastní barvu, aby nemohlo dojít k záměně. Její velikost se volí podle proudové zatížitelnosti jištěného obvodu.

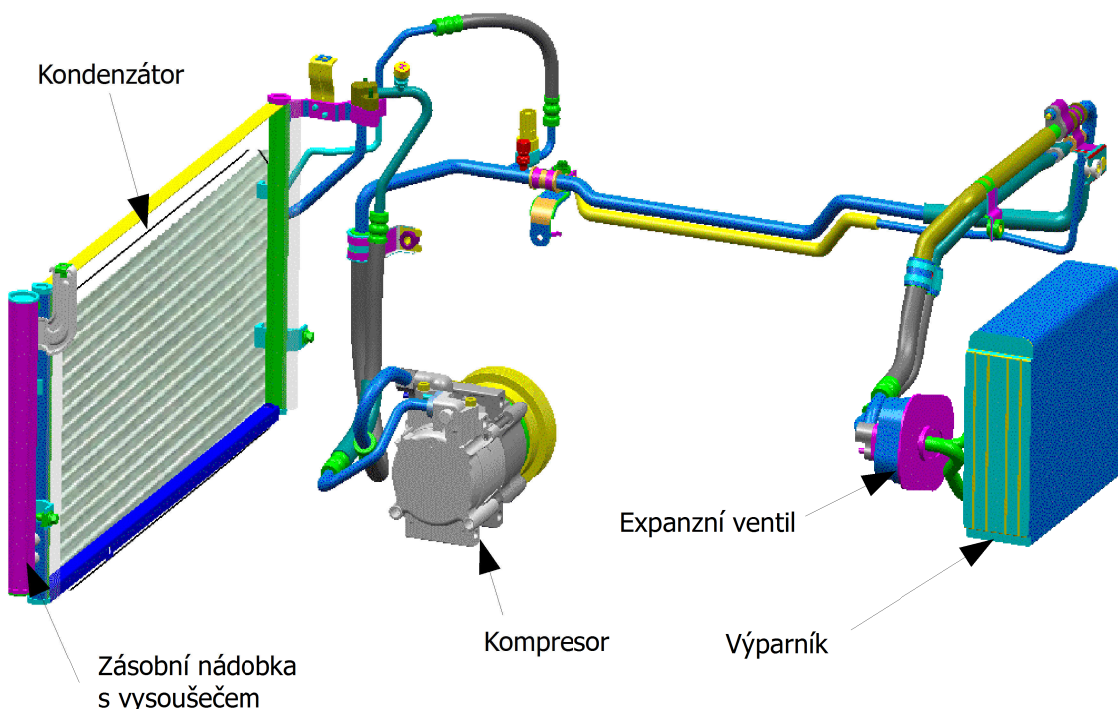
U klimatizačních systémů se jistí především výkonové obvody a připojení řídicí jednotky. Mezi výkonové obvody patří spínací relé, obvod elektromagnetické spojky, obvod ventilátoru apod. Další obvody se odvíjí od výbavy daného vozidla. Snímače a akční členy jsou většinou napájeny skrze řídicí jednotku, tudíž je jejich jištění zajištěno právě prostřednictvím ŘJ. [7]

4 HVAC systém vozidla Hyundai i30

HVAC systém vozidla Hyundai i30 je tvořen klimatizačním okruhem, okruhem topení a rozvodem ventilace. Klimatizační systém je manuální, řidič si sám volí jednotlivé parametry vystupujícího vzduchu ventilace na základě vlastních pocitů. Automatické funkce, zde slouží pouze pro zajištění bezvadné funkce systému klimatizace a zabráňují možnému vzniku poškození. Okruh topení je přímo napojen na chladicí okruh spalovacího motoru. Množství vstupujícího chladicího média se reguluje ventilem na vstupu do tělesa topení. Nucené proudění vzduchu je zajištěno pomocí ventilátoru poháněného elektromotorem.

4.1 Popis použitého A/C systému

Klimatizační systém použitého vozidla se skládá ze všech základních prvků popsanych v kapitole 3. Především se jedná o kompresor s elektromagnetickou spojkou, kondenzátor, na který navazuje zásobní nádobka s vysoušečem, expanzní ventil a výparník. Jednotlivé komponenty jsou propojeny vedením ve formě trubek z hliníkových slitin a hadic pro vytvoření pružných spojů. Pro servisní úkoly je vysokotlaká i nízkotlaká větev opatřena servisními přípojkami.



Obr. 19: Klimatizační systém vozidla Hyundai i30 [5]

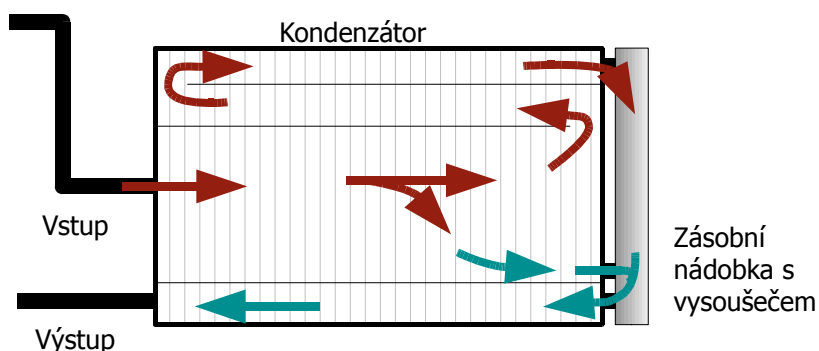
Řízení systému zajišťuje elektronický řídicí modul umístěný v panelu ovládání. Ke sledování stavu systému se využívá snímače teploty výparníku a tlakového snímače ve vysokotlaké části obvodu. Údaje z těchto snímačů jsou zpracovány v řídicím modulu a podle uloženého programu je ovládána elektromagnetická spojka klima-kompresoru a ventilátor kondenzátoru. Jednotlivé komponenty systému budou popsány v následujících podkapitolách.

4.2 Kompresor s elektromagnetickou spojkou

Vozidlo Hyundai i30 využívá axiální pístový kompresor s vnitřní tlakovou regulací pomocí naklápění vnitřní desky a elektromagnetickou spojkou. Aby byla v systému zajištěna konstantní hodnota tlaku, je kompresor vybaven regulačním ventilem. Tento ventil je z výroby nastaven tak, aby řídil požadovaný tlak. V případě, kdy tlak přeroste nad žádanou hodnotu je stlačena pružina ventilu a tlak chladiva je přiveden za naklápěcí desku, jenž se naklopí a tím sníží výkon kompresoru. Až tlak opět klesne, ventil se uzavře a deska se vrátí zpět. Tato regulace probíhá neustále uvnitř kompresoru aniž by ji šlo za chodu ovlivnit.

4.3 Kondenzátor se zásobní nádobkou a vysoušečem

Klimatizační systém je vybaven kondenzátorem klasické konstrukce. K tenkostěnným trubkám, ve kterých koluje chladivo je připevněno žebrovaní, pro lepší přestup tepla a zvýšení účinnosti kondenzátoru. Samotný kondenzátor je rozdělen přepážkami do několika stupňů. Zahřáté chladivo z kompresoru vstupuje do kondenzátoru přibližně uprostřed.



Obr. 20: Proudění chladiva kondenzátorem

Část chladiva se okamžitě zkapalní a sestupuje do spodní části, nezkondenzované páry

pokračují skrze horní část do zásobní nádobky. Tím je zaručeno, že se k expanznímu ventilu dostane pouze chladivo v kapalném stavu. Oběh chladiva je znázorněn na obr. 20.

4.4 Tlakový snímač a expanzní ventil

U popisovaného systému klimatizace se využívá termostatický expanzní ventil s vnitřním ovládáním. Jeho princip je blíže popsán v kapitole 3.5. Ventil řídí množství chladiva vstupujícího do výparníku na základě dvoubodové regulace. Zpětnou vazbu zajišťuje teplota chladiva proudícího z výparníku.

Tlakový snímač hlídá tlak v klimatizačním systému a podle něj spíná jeho akční členy. Zejména jde o kritickou úroveň nízkého tlaku v systému z důvodu úniku chladiva apod. Při překročení této úrovně dochází k vypnutí spojky kompresoru, aby nedošlo k poškození systému. Dalším důležitým bodem je úroveň sepnutí ventilátoru kondenzátoru. V případě překročení této úrovně tlaku musí dojít ke spuštění ventilátoru a tím k účinnějšímu chlazení kondenzátoru. Vlivem většího ochlazování dochází k poklesu tlaku na požadovanou hodnotu. Posledním důležitým bodem je hlídání kritické úrovně vysokého tlaku například z důvodu ucpání systému. V případě překročení této úrovně musí být opět odpojena spojka kompresoru, aby tlak klesl na bezpečnou hodnotu. Připojení snímače je pomocí tří pinů – napájecí napětí, výstupní napětí a zem.

4.5 Výparník a snímač teploty výparníku

Výparník vozidla Hyundai i30 je umístěn uvnitř vozidla v boxu HVAC pod přístrojovou deskou. Konstrukčně je shodný s kondenzátorem, v tenkostěnných trubkách proudí chladivo a odebírá teplo proudícímu vzduchu. Pro zvětšení účinnosti je opatřen žebrováním. Aby nedošlo k tvoření námrazy na výparníku vlivem jeho nízké teploty, je opatřen teplotním snímačem.



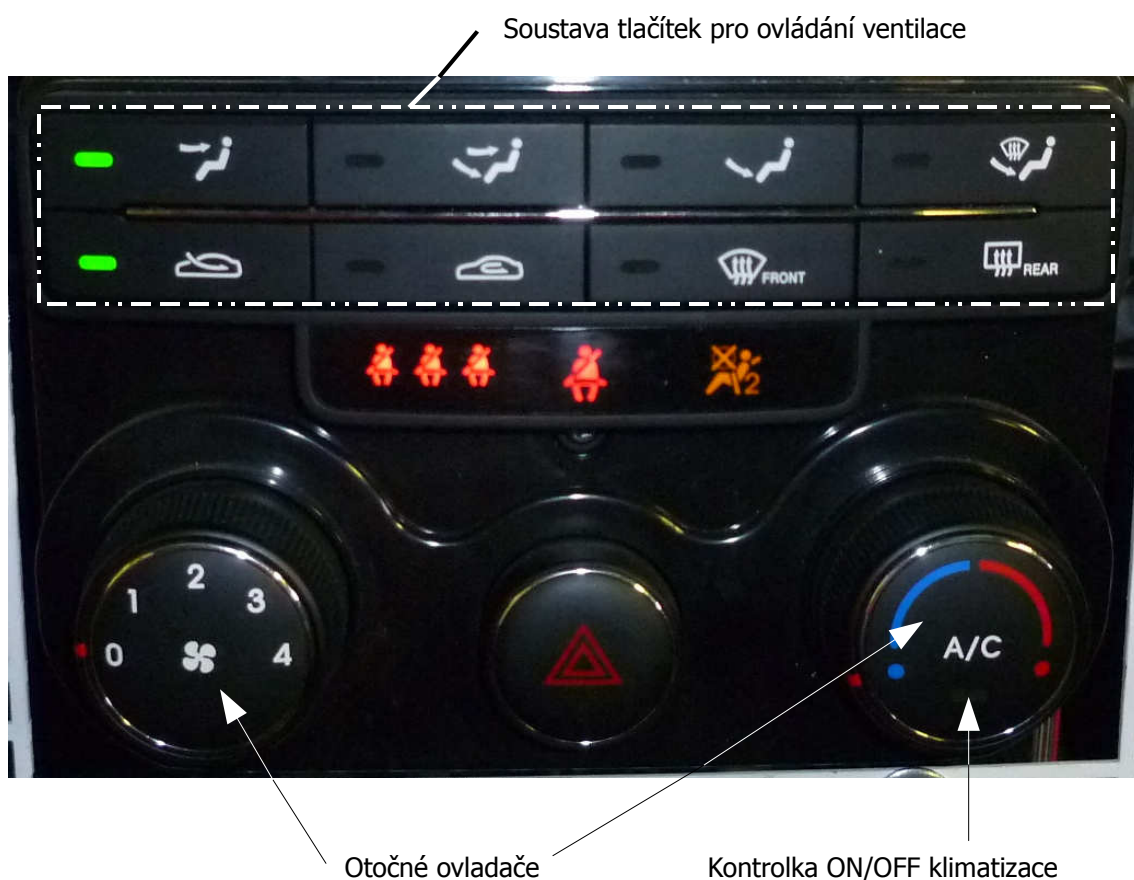
Obr. 21: Detail snímače teploty výparníku

Snímač teploty je tvořen termistorem s negativní charakteristikou (NTC) má tedy pouze dva vývody pro připojení k řídicímu modulu. V případě, kdy teplota klesne pod

kritickou mez (dochází k vytváření námrazy) odpojí řídicí modul spojku kompresoru. Jakmile se výparník zahřeje nad určitou mez je spojka kompresoru znovu sepnuta. Rozdíl teplot pro vypnutí a opětovné sepnutí bývá obvykle okolo 2 °C. Snímač je opatřen průchodkou se závitem a je možné jej snadno vymontovat z boxu HVAC.

4.6 Ovládací panel

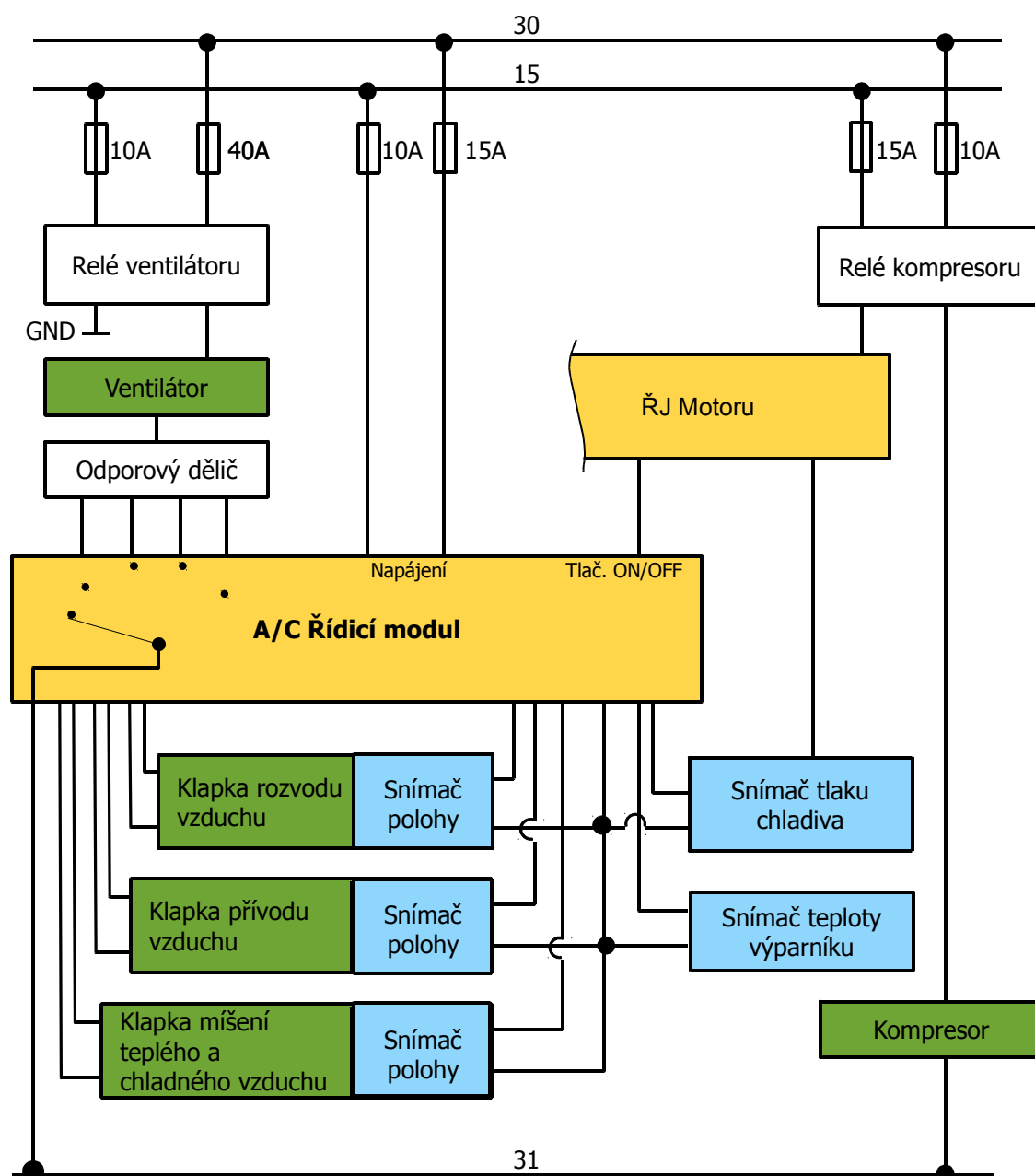
Systém HVAC může posádka ovládat pomocí ovládacího panelu na přístrojové desce. Tvoří jej dva otočné ovladače, soustava tlačítek a informační kontrolky viz obr. 22. Pomocí levého otočného ovladače lze nastavit otáčky ventilátoru pro různou intenzitu proudění vzduchu do kabiny vozidla. Pravý otočný ovladač pak slouží k nastavení teploty vzduchu proudícího do kabiny vozidla. Jeho středová část pak slouží jako spínač ON/OFF klimatizace. Její chod je indikován prostřednictvím zelené kontrolky. Soustava tlačítek slouží k ovládání klapek pro rozvod vzduchu do různých míst kabiny. Zbylé kontrolky pak slouží k indikaci nezapnutých bezpečnostních pásů, což s HVAC systémem nijak nesouvisí.



Obr. 22: Popis ovládacího panelu HVAC systému Hyundai i30

4.7 Elektrické zapojení A/C systému

I když zvolené vozidlo Hyundai i30 používá pouze poloautomatický typ klimatizačního systému neobejde se bez elektronického řídicího modulu ECM. ECM není přímo připojen ke komunikační sběrnici vozidla, je propojen s řídicí jednotkou motoru jedním signálovým vodičem, proto jej není možné diagnostikovat pomocí sériové diagnostiky. Tento jediný vodič slouží pouze pro předání informace, zda je požadavek na zapnutí nebo vypnutí A/C systému, na základě tlačítka A/C ON/OFF na ovládacím panelu nebo z nějakého bezpečnostního důvodu.



Obr. 23: Schéma elektrického zapojení A/C systému Hyundai i30

ECM je napájen prostřednictvím dvou vodičů. Jeden je připojen na trvalé plus, tedy kontakt 30, druhý je připojen na kontakt 15, který je pod napětím až ve chvíli otočení klíčku ve spínací skřínce do polohy I. Další důležitou větví je obvod ventilátoru. Ten je spínán pomocí relé, ve chvíli, kdy se na kontaktu 15 objeví napětí. Otáčky ventilátoru je možné regulovat prostřednictvím odporového děliče. Počet zařazených odporů a tedy rychlost otáčení ventilátoru volíme prostřednictvím otočného ovladače. Aby bylo možné ventilátor zastavit je ovladač opatřen polohou „0“, kdy dojde k rozpojení obvodu viz obr. 23.

Další podstatnou větví je obvod ovládání elektromagnetické spojky kompresoru. Cívka spojky je napájena z kontaktu 30 přes relé kompresoru. Relé je spínáno ŘJ motoru, a to na základě požadavku ze strany ECM A/C systému nebo snímače tlaku. Ke spojce je veden pouze jediný vodič, elektrický obvod se uzavírá skrze ukostření motoru. Obvody snímačů jsou napájeny kladným napětím 5 V a uzavřeny skrze společnou signálovou zem. Snímače polohy slouží jako zpětná vazba pro určení aktuální polohy klapky úpravy vzduchu a jsou tvořeny potenciometry. Snímač tlaku chladiva je napájen z ECM, ale jeho výstupní signál je přiveden přímo do ŘJ motoru, která podle něj dále ovládá spojku kompresoru respektive ventilátor na dochlazování kondenzátoru. Snímač teploty výparníku je popsán v podkapitole 4.5.

Samostatné vedení mají motorky nastavující polohu klapky ventilace. Jelikož se jedná o stejnosměrné elektrické motorky je smysl jejich otáčení řízen ECM formou přepólování. Všechny výkonové větve elektrických obvodů jsou jištěny tavnými pojistkami příslušných hodnot, viz obr. 23, v pojistkové skříni.

5 Realizace laboratorního modelu a měření

Aby bylo možno systém klimatizace dostatečně pochopit, musí být provedeno několik měření a za tímto účelem je vytvořen laboratorní model. Další analýzou těchto parametrů můžeme zjistit souvislosti, které bychom jinak mohli opomenout. Hlavním důvodem těchto měření je ověření nabytých teoretických znalostí. Měření je prováděno pomocí laboratorního modelu vytvořeného přímo na zvoleném vozidle, a to z důvodu, aby výsledky, co nejvíce odpovídaly skutečnému provozu klimatizačního systému.

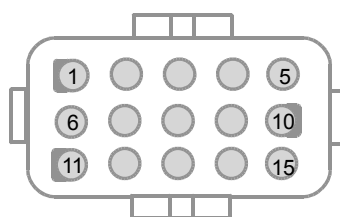
5.1 Laboratorní model

Laboratorní model využívá komponentů výše specifikovaného klimatizačního systému vozidla Hyundai i30. Hlavní částí je měřicí box, do kterého jsou vyvedeny všechny snímače související s funkcí systému. Jedná se o snímač teploty výparníku, snímač tlaku chladiva ve vysokotlaké větvi a snímač venkovní teploty.



Obr. 24: Čelní panel měřicího boxu

Na čelním panelu, viz obr. 24, jsou přepínače přepínající mezi okruhem snímače nebo okruhem potenciometru. Potenciometry zde slouží k simulaci změn měřených fyzikálních veličin. V případě kdy je přepínač v poloze „Snímač“, uzavírá se elektrický okruh skrze skutečný snímač a ECM A/C systému získává signál z tohoto snímače. Ve výstupních zdírkách snímače pak můžeme měřit výstupní napětí, ve výstupních zdírkách potenciometru můžeme změřit a nastavit jeho odpor. V případě, že je přepínač v poloze „Odpor“, uzavírá se elektrický okruh skrze potenciometr a ECM A/C systému získává signál podle našeho nastavení. Ve výstupních zdírkách odporu pak můžeme měřit aktuální hodnotu výstupního napětí, a ve zdírkách snímače hodnotu jeho elektrického odporu.



Obr. 25: Schéma propojovacího konektoru NLS 3x5

Aby bylo možno box demontovat je jeho propojení se snímači a ECM zajištěno pomocí 15-ti pinového konektoru NLS 3x5. Rozmístění jednotlivých vodičů je popsáno v tabulce 2.

| Pin | Účel vodiče | Pin | Účel vodiče |
|-----|--------------------------------------|-----|-------------------------------------|
| 1 | Výstup k ŘJ motoru - snímač tlaku | 9 | Snímač teploty výparníku |
| 2 | Snímač venkovní teploty | 10 | GND snímač tlaku |
| 3 | Snímač venkovní teploty | 11 | Neobsazený pin |
| 4 | Vstup z ECM – snímač tlaku | 12 | Výstup k ECM – snímač okolní tep. |
| 5 | Vstup od snímače tlaku | 13 | Vstup z ECM – snímač tep. výparníku |
| 6 | Neobsazený pin | 14 | Snímač teploty výparníku |
| 7 | Vstup z ECM – snímač okolní teploty | 15 | Napájení snímače tlaku |
| 8 | Výstup k ECM – snímač tep. výparníku | | |

Tabulka 2: Rozmístění vodičů v propojovacím konektoru

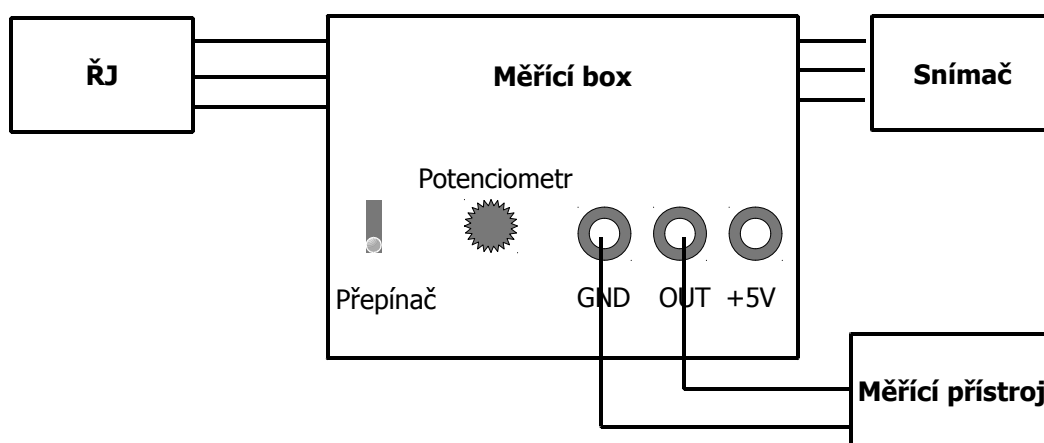
5.2 Snímání tlaku chladiva

Snímání tlaku chladiva ve vysokotlaké části okruhu zajišťuje snímač tlaku popsáný v podkapitole 4.4. Důležitou informací pro měření na tomto snímači je, že snímač je konstruován jako tří vývodový, to znamená, že jeho připojovací konektor má právě tři piny. Podle obr. 23 slouží jeden pin jako signálová zem (dále jen pin 1), další je pro přivedení napájecího napětí (dále jen pin 3) a třetí slouží pro vyvedení výstupního signálu (dále jen pin 2). Snímač tedy pracuje na principu odporového děliče, podle hodnoty snímaného tlaku chladiva se mění velikost odporu mezi napájecím a výstupním pinem. Se změnou odporu se mění tedy i výstupní hodnota napětí měřená proti zemi.

Podle teoretického popisu, by měl snímač snímat tlak chladiva ve vysokotlaké části klimatizačního okruhu a ŘJ jednotka podle předem přednastavených úrovní výstupního signálu (odpovídající úrovni tlaku) by měla následně spínat, respektive rozepínat elektromagnetickou spojku klima-kompresoru. Následující identifikaci snímače a reálnou simulaci podle postupu uvedeném níže, by se měly potvrdit tyto předpoklady.

Měření a identifikace snímače

Měření a identifikace snímače bude probíhat dle schématu na obr. 26. Mezi ŘJ a snímač je vložen měřicí box, na kterém je přepínač v poloze „Snímač“ pro měření výstupního signálu snímače a nebo v poloze „Odpor“ pro měření odporu snímače, kde jsou vyvedeny vodiče do zdírek. Do zdírek se připojí měřicí přístroje: ohmmetr, voltmetr, popřípadě osciloskop.



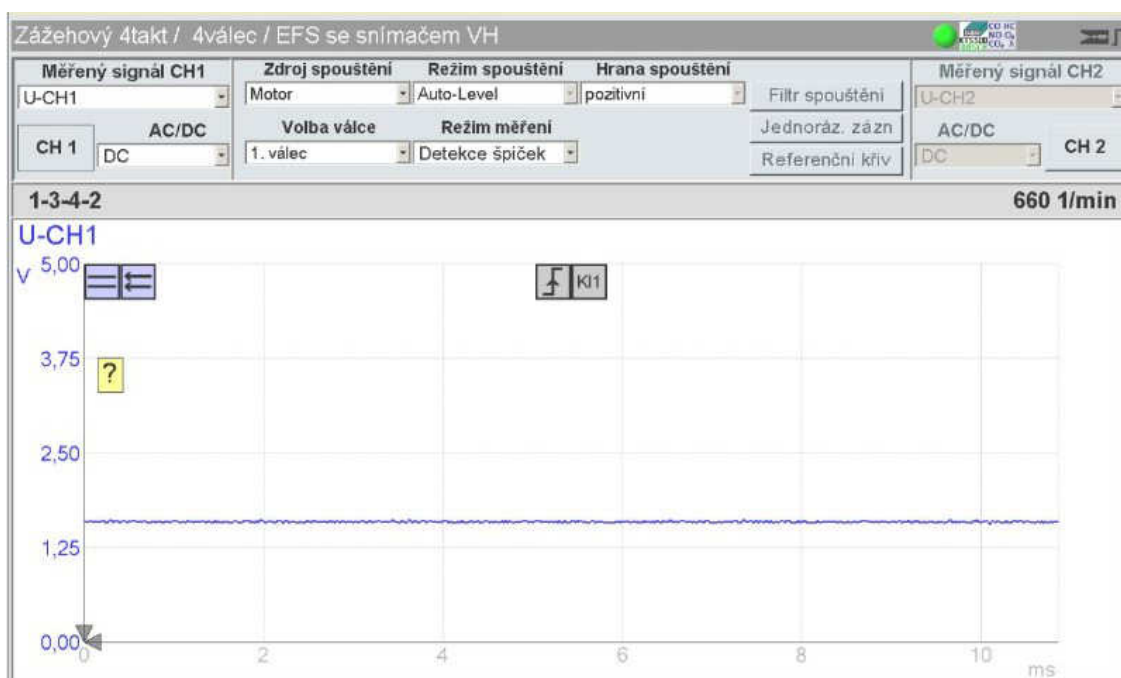
Obr. 26: Schéma měření snímače tlaku

Na základě měření jsem získal hodnoty uvedené v tabulce 3, reprezentující všechny důležité parametry snímače a měřené body.

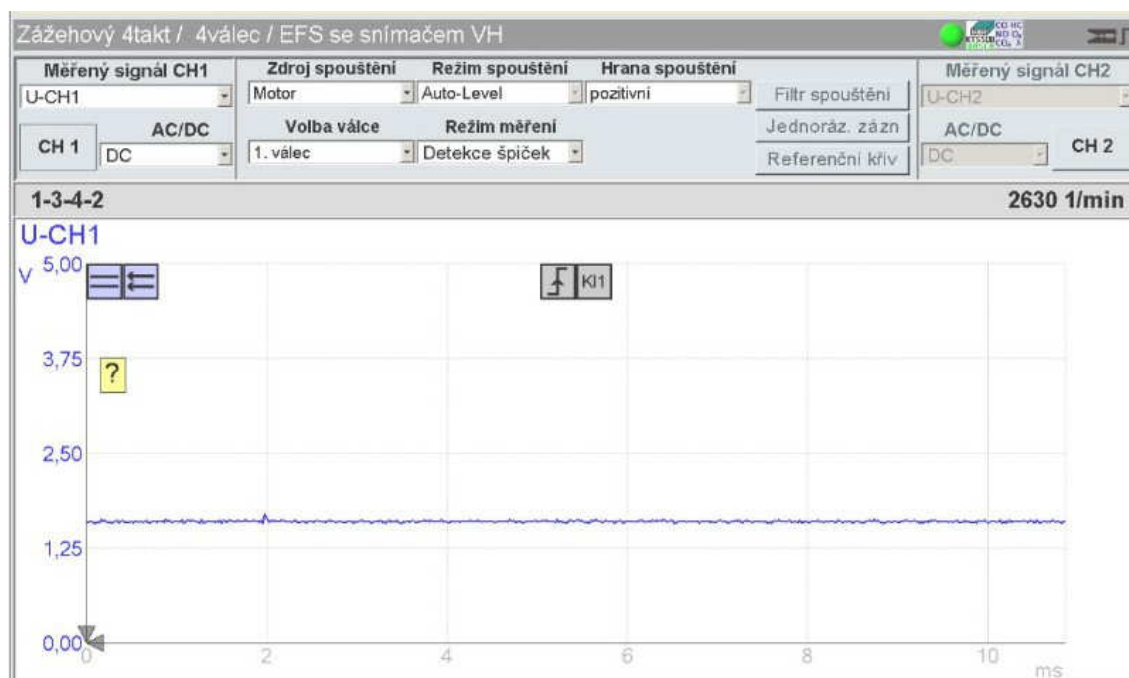
| Měřené body | Získané hodnoty |
|---------------------------|-----------------|
| Napájecí napětí | 4,98 V |
| Odpor snímače (pin 1 a 3) | 4,4 k Ω |
| Běžný chod systému | 1,68 – 1,75 V |

Tabulka 3: Měřené body snímače tlaku chladiva

Další měření bylo provedeno za účelem ověření závislosti tlaku chladiva v systému na otáčkách spalovacího motoru. Pro měření jsem použil univerzální osciloskop diagnostického zařízení BOSCH FSA 740, a pro měření otáček použil spouštěcí kleště. Měření bylo provedeno při volnoběžných otáčkách a zvýšených otáčkách, viz obr. 27 a 28.

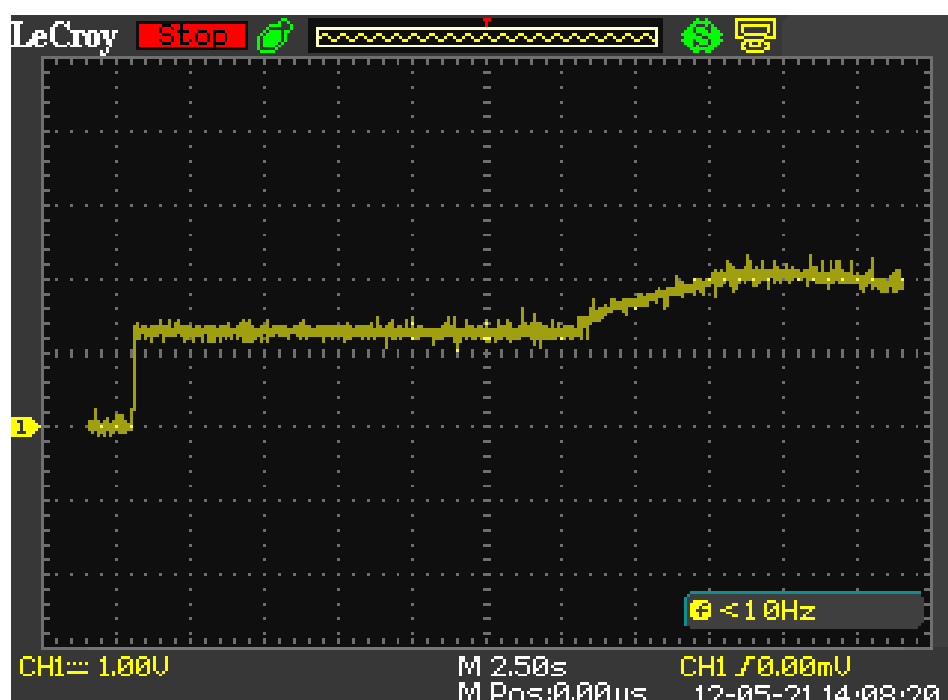


Obr. 27: Výstupní signál ze snímače tlaku chladiva při volnoběžných otáčkách spalovacího motoru

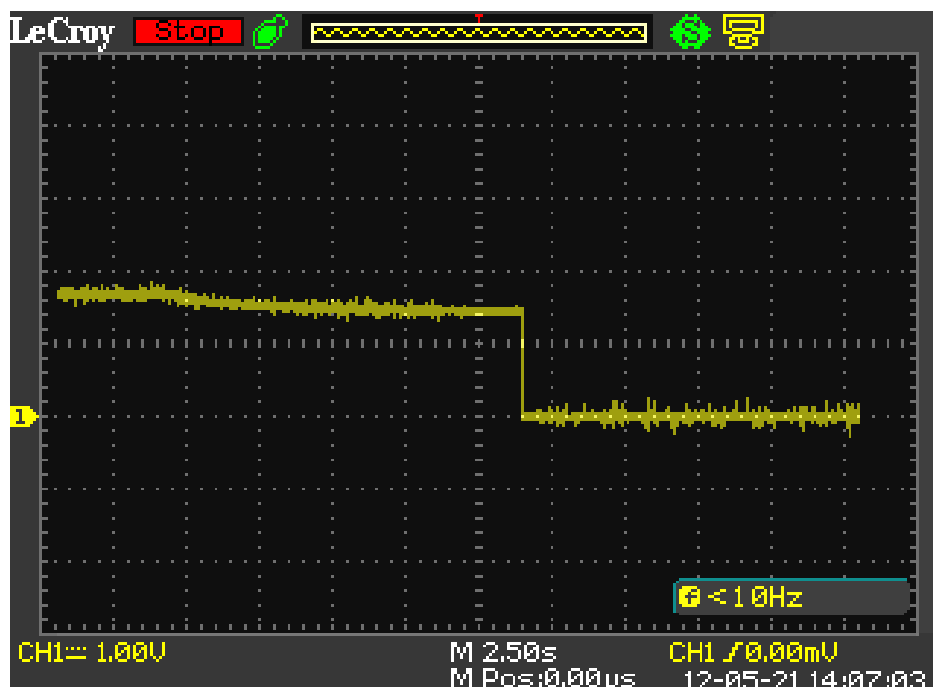


Obr. 28: Výstupní signál ze snímače tlaku chladiva při volnoběžných otáčkách spalovacího motoru

Posledním měřením bylo zachycení průběhu nárůstu tlaku v systému, respektive jemu odpovídajícímu průběhu výstupního napětí snímače a následně průběh téže veličiny po vypnutí systému.



Obr. 29: Průběh výstupního napětí při nárůstu tlaku po spuštění systému



Obr. 30: Průběh výstupního napětí při poklesu tlaku po vypnutí systému

Vyhodnocení identifikace

V prvním měření jsem získal všechny potřebné hodnoty související se snímačem tlaku chladiva. Snímač je napájen napětím 5 V. Při běžném provozu klimatizačního systému se hodnota výstupního napětí pohybuje přibližně okolo 1,7 V. Rozptyl hodnot je dán citlivostí regulačního ventilu v klima-kompresoru. Dle tabulky 3 je vnitřní odpor snímače tlaku chladiva 4,4 k Ω , proto jsem zvolil jako „simulující“ potenciometr s hodnotou 4,7 k Ω . Jelikož snímač pracuje na principu napěťového děliče, nemusí být zvolená hodnota zcela shodná, ale měla by se přibližovat, vzhledem k proudovému zatížení.

Nárůst tlaku trvá přibližně 2,5 s, je však doprovázen překmitem a na provozní hodnotě se ustálí přibližně za 10 s. Při vypnutí systému dochází k pozvolnému poklesu tlaku na minimální hodnotu viz obr. 30. Po nastartování motoru vozidla se spustí klimatizace přibližně po 10 s. Po této době je předpoklad, že motor má stabilní otáčky a může dojít k jeho zatížení klima-kompresorem. Při změně otáček spalovacího motoru nedochází ke změně tlaku chladiva, protože klima-kompresor je vybaven vnitřním regulačním ventilem a v případě zvýšení otáček se sníží jeho geometrický objem.

Simulace změny tlaku

Protože, nelze praktickým způsobem měnit tlak v klimatizačním systému, je laboratorní model vybaven náhradním potenciometrem, který se připojí k ŘJ místo skutečného snímače. Změnou jeho odporu, pak můžeme simulovat různé úrovně tlaku a ověřit očekávané reakce systému.

| Stav systému | Napětí snímače [V] |
|---------------------|--------------------|
| Vypnutí kompresoru | 0,65 |
| Zapnutí kompresoru | 0,7 |
| Zapnutí ventilátoru | 2,5 |
| Vypnutí kompresoru | 4,4 |
| Zapnutí kompresoru | 3,5 |

Tabulka 4: Reakce systému na různé úrovně tlaku

Výsledky simulace změny tlaku chladiva potvrdily předpoklady uvedené výše. Všechny důležité body z hlediska chodu klimatizačního systému jsou uvedeny v tabulce 4, včetně příslušných reakcí systému na danou hodnotu tlaku chladiva. Jsou sledovány tři úrovně tlaku chladiva a to: kritický nízký tlak, kriticky vysoký tlak a zvýšený tlak pro sepnutí ventilátoru na kondenzátoru za účelem účinnějšího chlazení a tím opětovného snížení tlaku.

5.3 Rozsah teplot upraveného vzduchu

Zvolený klimatizační systém je pouze poloautomatický, proto nemá žádný snímač snímající teplotu uvnitř vozidla. Posádka si tedy sama volí teplotu vstupujícího vzduchu na otočném ovladači dle vlastních pocitů. Proto bylo provedeno měření vstupní teploty vzhledem k nastavení na otočném ovladači. Cílem měření bylo zjistit maximální a minimální teplotu a změnu teploty vzhledem ke kroku nastavovacího prvku.

Postup měření

K měření bylo využito termočlánku typu K připojeného k multimetru, přepočítávajícího napětí vytvořené termočlánekem na teplotu ve stupních Celsia, a umístěného do výdechu ventilace pod čelním sklem. Směr proudění vzduchu nastaven

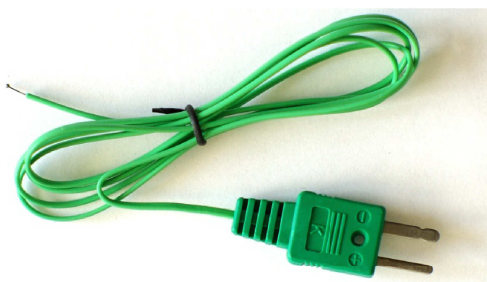
právě tímto průduchem a velikost otáček ventilátoru zvolena na pozici 1, protože při vyšší rychlosti by byla teplota výstupního vzduchu více ovlivňována teplotou okolní. Při měření byla okolní teplota 17 °C a motor vozidla byl zahřán na provozní teplotu, tedy přibližně 85 °C. Otočný ovladač teploty nastaven na nejchladnější pozici a zahájeno měření číslo 1. Po ustálení teploty jsem zapsal její hodnotu a pootočil ovladačem o jeden krok. Poté opět čekal až se teplota mírně ustálí, k čemuž docházelo většinou po dvou minutách. Po dokrokování na nejteplejší nastavení, bylo provedeno měření číslo 2 stejným postupem ve druhém směru.

Výsledek měření

| | Měření č. 1 | Měření č.2 |
|---------------|----------------------|----------------------|
| Krok ovladače | Teplota vzduchu [°C] | Teplota vzduchu [°C] |
| 1 | 7,4 | 9 |
| 2 | 7,4 | 12,5 |
| 3 | 7,4 | 14 |
| 4 | 11,5 | 17 |
| 5 | 15,3 | 23 |
| 6 | 15,3 | 23 |
| 7 | 15,3 | 23 |
| 8 | 15,3 | 23 |
| 9 | 20,3 | 30 |
| 10 | 32 | 41 |
| 11 | 40 | 49 |
| 12 | 50 | 57 |
| 13 | 59 | 64 |
| 14 | 66 | 69 |
| 15 | 68 | 69 |
| 16 | 68,5 | 69 |
| 17 | 69 | 69 |

Tabulka 5: Teplota výchozího vzduchu v závislosti na kroku ovladače

Jak je zřejmé z tabulky 5 nezpůsobí každý krok otočného ovladače změnu výstupní teploty. To může být spojeno s konstrukcí směšovací klapky studeného a teplého vzduchu. Nejchladnější teplota vystupujícího vzduchu byla 7,4 °C a naopak nejteplejší teplota se zastavila na hodnotě 69 °C. Tyto hodnoty jsou však závislé na mnoha okolnostech, především provozní teplotě motoru, teplotě okolního vzduchu, teplotě výparníku a teplotě interiéru. Právě teplota interiéru se projevila při měření č. 2, kdy byl interiér vytopen z měření č.1 a teploty byly tedy o pár stupňů Celsia vyšší.



Obr. 31: Použitý termočlánek typu K [9]

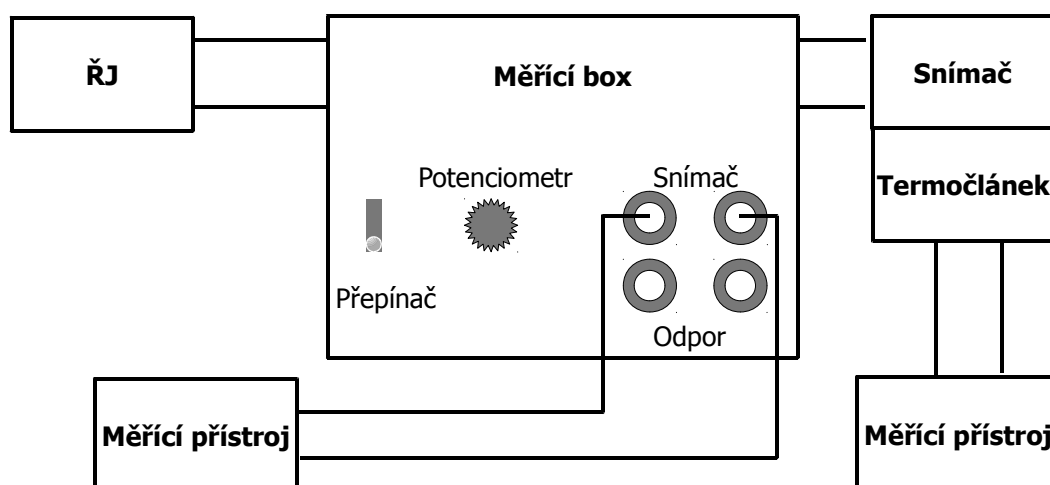
5.4. Teplota výparníku

Snímání teploty výparníku je důležité z pohledu jeho proti-námrazové ochrany. Při nízké teplotě se začne vzdušná vlhkost z proudícího vzduchu srážet na výparníku. Pokud má navíc výparník teplotu blízkou nule, začne se na něm tvořit námraza. Pokud by nedošlo k oteplení výparníku, mohl by se celý pokrýt tenkou vrstvou ledu, která by omezovala funkčnost systému. Proto je výparník vybaven snímačem teploty a v případě, kdy se teplota skutečně přiblíží k nule je řídicí jednotkou vypnut klima-kompresor. Až teplota opět stoupne nad danou mez je klima-kompresor opět spuštěn. Cílem následujícího měření je ověřit funkci proti-námrazové ochrany výparníku, a identifikovat použitý snímač.

Postup identifikace snímače

K identifikaci snímače je třeba změřit jeho převodní charakteristiku, tj. závislost výstupního signálu nebo odporu na teplotě. Aby bylo možno zjistit teplotu výparníku byl použit termočlánek typu K s měřícím stonkem, zasunutým do boxu s výparníkem. Výstup termočlánu je opět připojen k multimetru. Měření výstupního napětí je opět provedeno na měřícím boxu laboratorního modelu dle schématu zapojení na obr. 32.

Postupným nastavováním ovládacích prvků na ovládacím panelu se pokusíme o získání co nejvíce hodnot teploty a jí odpovídající hodnotě odporu respektive napětí. Poté se získané body vynesou do grafu.



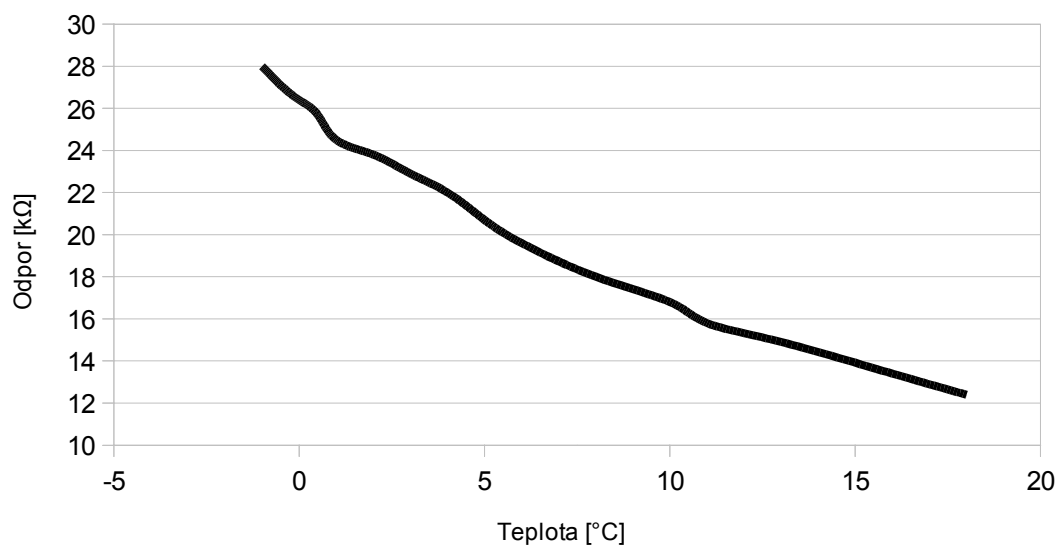
Obr. 32: Schéma měření teploty výparníku

Výsledky identifikace a měření

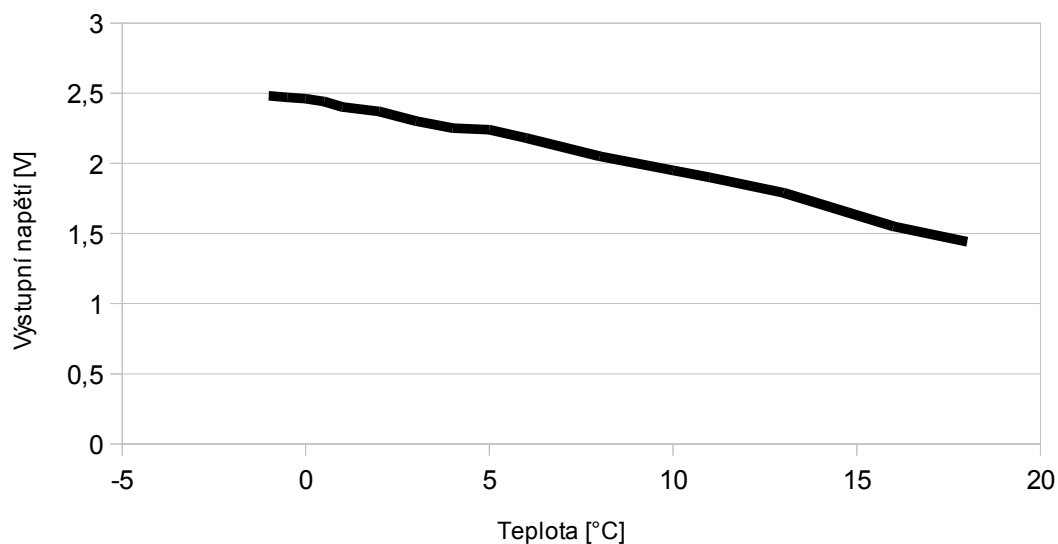
| Teplota na výparníku [°C] | Odpor snímače [kΩ] | Napětí snímače [V] |
|---------------------------|--------------------|--------------------|
| -1 | 28 | 2,48 |
| 0 | 26,4 | 2,46 |
| 1 | 24,5 | 2,4 |
| 2 | 23,8 | 2,37 |
| 3 | 22,9 | 2,3 |
| 4 | 22 | 2,25 |
| 5 | 20,7 | 2,24 |
| 6 | 19,6 | 2,18 |
| 8 | 18 | 2,05 |
| 10 | 16,8 | 1,95 |
| 12 | 15,4 | 1,84 |
| 14 | 14,3 | 1,65 |
| 16 | 13,4 | 1,55 |
| 18 | 12,4 | 1,44 |

Tabulka 6: Naměřené hodnoty výstupního napětí snímače teploty výparníku

Na základě získaných hodnot byly vytvořeny dvě převodní charakteristiky. Převodní charakteristika závislosti odporu snímače na teplotě a převodní charakteristika výstupního napětí snímače na teplotě výparníku. Obě charakteristiky jsou vyneseny pro lepší názornost do grafu.



Graf. 1: Závislost odporu snímače teploty výparníku na teplotě



Graf 2: Závislost výstupního napětí snímače teploty výparníku na teplotě

Výsledky identifikace

Z naměřených hodnot a grafu 1 jasně vyplynulo, že snímač na výparníku je termistor s NTC charakteristikou, tzn. s rostoucí teplotou odpor snímače klesá. Z Ohmova zákona pak vyplývá i průběh grafu 2, kdy s rostoucí teplotou klesá i velikost výstupního napětí. Snímač je opět napájen napětím +5 V.

Simulace změny teploty

Jelikož v běžných podmínkách téměř nelze dosáhnout tak nízké teploty výparníku, aby byla aktivována proti-námrazová ochrana, je nutno opět přistoupit k reálné simulaci formou náhradního potenciometru. Odpor snímače při teplotě okolo nuly se pohybuje do 30 kΩ, zvolil jsem jako náhradní potenciometr s odporem 47 kΩ, čímž by mělo být zaručeno, že dojde k aktivaci proti-námrazové ochrany výparníku.

| Stav spojky kompresoru | Napětí snímače [V] | Teplota [°C] |
|------------------------|--------------------|--------------|
| Vypnuto | 2,5 | -1 |
| Zapnuto | 2,4 | 1 |

Tabulka 7: Výsledek simulace nízkých teplot výparníku

Výsledky simulace nízkých teplot potvrdily funkčnost proti-námrazové pojistky výparníku. Při teplotě pod bodem mrazu došlo k vypnutí klima-kompresoru a při navrácení teploty nad 0 °C se klima-kompresor opět sepnul. Hodnoty výstupního napětí snímače, při kterých je pojistka aktivována jsou uvedeny v tabulce 7.

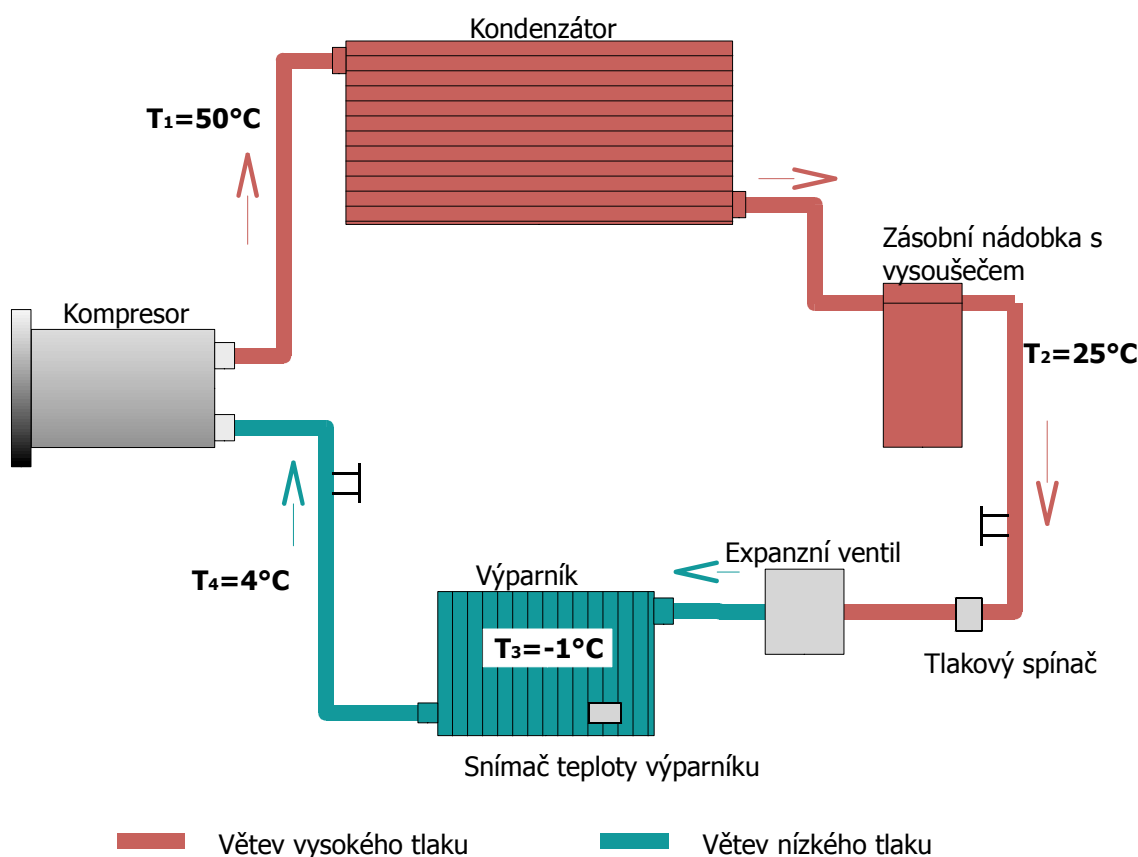
5.5 Teplota v různých částech okruhu

Klimatizační systém je založen na výměně tepla. Proto zjištěním teploty určitých bodů okruhu můžeme ještě lépe pochopit funkční principy tohoto mechatronického systému. Chladivo se mezi jednotlivými prvky systému pohybuje v potrubích nebo hadicích a toto jsou ta místa, na které se soustředí cíle měření v této podkapitole. Měření proběhlo podle postupu popsaného níže s využitím speciálních měřících kleští.

Postup měření

K měření jsou využity speciální měřicí kleště opatřeny snímacím prvkem – termočlánkem typu K, které se opět připojí k multimetru. Jelikož není v prostoru kabiny vozidla přístup k vhodným měřicím bodům, provádí se měření výhradně v motorovém prostoru, proto je třeba dbát opatrnosti z hlediska rotujících částí spalovacího motoru a horkých částí. Jak bylo zmíněno, provádí se měření na potrubí v předem zvolených částech obvodu. Pro měření je třeba mít klimatizační systém už delší dobu v chodu, nejlépe na plný výkon, kdy se nejvíce projeví rozdíly teplot v jednotlivých částech obvodu.

Výsledky měření



Obr. 33: Teploty v různých částech obvodu

Na obr. 33 jsou vyznačeny naměřené teploty odpovídající příslušné části obvodu. První bodem je teplota T_1 udávající teplotu chladiva na výstupu z kompresoru, než se chladivo dostane do kondenzátoru může se mírně ochladit, proto je nejlepší ji měřit co nejblíže ke klima-kompresoru. Dalším bodem je teplota T_2 udávající teplotu chladiva při

výstupu z kondenzátoru. Jak je možné vidět z obr. 33 došlo ke schlazení chladiva přibližně o 25 °C. Teplota T_3 je teplotou výparníku, více o jejím měření je popsáno v podkapitole 5.4. Než se chladivo dostane zpět z výparníku do kompresoru dojde k jeho mírnému oteplení, to je teplota T_4 před kompresorem.



Obr. 34: Měření pomocí kleští s termočlánkem

Potvrdily se teoretické předpoklady z úvodního popisu. To znamená, že při stlačení chladiva v kompresoru dochází k jeho zahřátí. V kondenzátoru se chladivo skutečně ochladí, avšak stále ještě nemá svou nejnižší teplotu. Té dosáhne ve chvíli, kdy expanduje za expanzním ventilem, proto je výparník nejchladnějším místem v obvodu a musí mít proti-námrazovou ochranu popsanou v podkapitole 5.4. Zde se chladivo mírně oteplí od proudícího vzduchu, kterému odebere jeho tepelnou energii a přichází zpět do kompresoru, kde je opět stlačeno a zahřáto. Teploty se samozřejmě neustále mění, podle zatížení systému apod. Proto hodnoty uvedené v obr. 30 platí pouze pro aktuální stav systému při měření a nelze je paušalizovat.

5.6 Vliv okolní teploty na práci systému

Z předchozích poznatků vyplývá, že je nežádoucí, aby systém pracoval i v mrazivých dnech. Většina klimatizačních systémů je vybavena snímačem okolní teploty a v případě, kdy teploty klesají pod bod mrazu, systém nelze zapnout. Proto byla provedena identifikace snímače okolní teploty i tohoto systému.

Postup identifikace snímače

Snímač odpojíme a vložíme do výdechu ventilace v kabině vozidla. Zároveň se použije zde umístěný termočlánek typu K z předchozích měření a připojí se k měřicímu přístroji. Nastaví se na otočném ovladači teploty vstupujícího vzduchu nejchladnější teplota. Měření se provádí až do nejteplejší polohy s přihlédnutím k ustálení hodnoty odporu snímače u každého kroku. Výsledné hodnoty se vynesou pro lepší názornost do grafu.

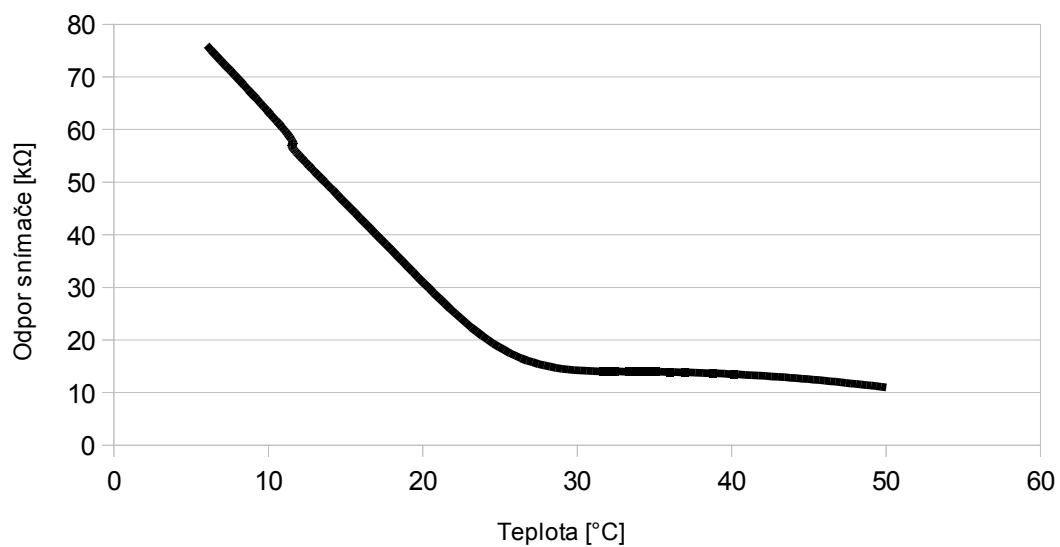
Výsledky identifikace a měření

| Teplota [°C] | Odpor snímače [kΩ] |
|--------------|--------------------|
| 6 | 76 |
| 11 | 60 |
| 13 | 52 |
| 19 | 34 |
| 26 | 17 |
| 34 | 14 |
| 43 | 13 |
| 50 | 11 |

Tabulka 8: Hodnoty odporu snímače v závislosti na okolní teplotě

Z naměřených hodnot uvedených v tabulce 8 a z převodní charakteristiky zobrazené na grafu 3 je zřejmé, že snímač je složen z termistoru s NTC charakteristikou. To znamená, že při klesající okolní teplotě roste jeho odpor. Snímač je opět napájen kladným napětím +5 V. Dá se předpokládat, že při teplotách pod bodem mrazu bude odpor snímače i přes 100 kΩ. Zdá se, že snímač nemá žádný vliv na chod systému a slouží pouze jako informační člen pro posádku vozidla, kdy se venkovní teplota

zobrazuje na panelu rádia. Protože i při odpojeném snímači teploty lze systém normálně aktivovat. Proto se domnívám, že jeho funkci zastává snímač na výparníku, který snímá jeho teploty a v případě, kdy by přes něj začal proudit ledový vzduch, by stejně systém odpojil.



Graf 3: Převodní charakteristika snímače okolní teploty

6 Závěr

Cílem diplomové práce byla teoretická rešerše koncepcí moderních osobních automobilů a praktická realizace laboratorního výukového modelu na vybraném vozidle Hyundai i30. Stanovené cíle se podařilo zcela naplnit. Díky teoretické rešerši získají studenti obecný přehled o moderních klimatizačních systémech používaných v osobních automobilech. Dosažené výsledky budou zakomponovány do výuky předmětu Automobilová elektronika. Protože je systém klimatizace systémem mechatronickým bylo nutno, co nejvíce poznat jeho mechanické, elektrické i komunikační principy. Na základě výsledků měření a detailního poznání vybraného klimatizačního systému, bylo možno sestavit pro studenty zajímavé měření.

Praktická realizace laboratorního modelu byla volena s ohledem na umístění komponent ve vozidle Hyundai i30 i s ohledem na další měření při výuce. Byl tedy vytvořen měřicí box, soustřeďující většinu měřících bodů klimatizačního systému do prostoru kabiny vozidla, jenž je součástí laboratorního modelu. Jelikož nelze měnit vlastnosti snímaných fyzikálních veličin, musel být laboratorní model vybaven odporovými prvky, simulující skutečné snímače, jenž umožňují simulovat různé stavy měřených veličin.

Měřením na laboratorním modelu, byly ověřeny získané teoretické poznatky z konstrukce a funkčních vlastností klimatizačních systémů. Především převodní charakteristika snímače teploty výparníku a s ním související proti-námrazová ochrana. Dále důležité body z pohledu ochrany systému, které zajišťuje tlakový snímač ve vysokotlaké části okruhu. Byly získány průběhy tlaku v závislosti na různých provozních režimech. V neposlední řadě vliv okolní teploty na funkci klimatizačního systému a teploty v jednotlivých částech klimatizačního systému. Podle získaných výsledků měření byla sestavena typizovaná laboratorní úloha a z ní vypracován vzorový protokol, který je přiložen v příloze.

Vzhledem k multidisciplinárnosti řešeného problému, jsem mohl využít veškeré nabyté vědomosti z výuky a vyzkoušet si jejich aplikaci na reálný mechatronický systém. Na další straně je uveden seznam literatury, ze které jsem čerpal, pro ty jenž se budou chtít věnovat řešenému problému hlouběji.

Seznam literatury

- [1] VLK, F.: *Elektronické systémy motorových vozidel 1, 2*. Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, Brno 2002, ISBN 80-238-7282-6
- [2] VLK, F.: *Elektrická zařízení motorových vozidel*. Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, Brno 2005, ISBN 80-239-3718-9
- [3] DALY, Steven.: *Automotive Air-conditioning and Climate Control Systems*. First edition, 2006. Oxford: Elsevier Ltd. ISBN 0-7506-6955-1.
- [4] ERJAVEC, J.: *Automotive Technology: A Systems Approach*. 4th Edition, USA 2004, Thomson Learning, 1401 str., ISBN 1-4018-4831-1
- [5] Školící a propagační materiály společnosti Hyundai Motor Manufacturing Czech.
- [6] HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J.: *Fundamentals of Physics*, Part 1, Fifth Edition Extended, 1996, John Wiley & Sons, Inc., ISBN 0471145610
- [7] ŠTĚRBA, P.: *Elektrotechnika a elektronika automobilů*, Computer Press, Praha 2004, ISBN 80-251-0211-4
- [8] BOSCH technické brožury, žluté sešity 1996-2009
- [9] <http://www.e-pristroje.cz>

Seznam příloh

1. Vzor laboratorní úlohy